UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA

EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE HIDROGEL Y TRES FORMAS DE APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ *(Zea mays),* EN LAS COMUNIDADES DE TATUTÚ Y GUARAQUICHE, MUNICIPIO DE JOCOTÁN, CHIQUIMULA, 2015.

VÍCTOR JULIO ENRIQUE VILLEDA RODRÍGUEZ

CHIQUIMULA, GUATEMALA, MAYO 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA

EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE HIDROGEL Y TRES FORMAS DE APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ *(Zea mays),* EN LAS COMUNIDADES DE TATUTÚ Y GUARAQUICHE, MUNICIPIO DE JOCOTÁN, CHIQUIMULA. 2015

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por:

VÍCTOR JULIO ENRIQUE VILLEDA RODRÍGUEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, MAYO 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	Br. Carla Marisol Peralta Lemus
Representante de Estudiantes:	PAE. Alberto José España Pinto
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Coordinador de Carrera:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda

TERNA EVALUADORA

M.Sc. Godofredo Ayala Ruíz
Ing. Agr. José Angel Urzúa Duarte
M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso

Chiquimula, mayo 2016

Consejo Directivo

Centro Universitario de Oriente

Chiquimula

Honorables miembros

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE HIDROGEL Y TRES FORMAS DE APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ *(Zea mays),* EN LAS COMUNIDADES DE TATUTÚ Y GUARAQUICHE, MUNICIPIO DE JOCOTÁN, CHIQUIMULA, 2015.**

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente

Víctor Julio Enrique Villeda Rodríguez

Carné: 201043356

REF-PTG- HRVV-04-2016
Chiquimula, mayo de 2016

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Licenciado Galdámez:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación -PTG- de la carrera de Agronomía, para asesorar al estudiante, Víctor Julio Enrique Villeda Rodríguez carné: 201043356, en el trabajo de investigación denominado **"EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE HIDROGEL Y TRES FORMAS DE APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ *Zea mays*, EN LAS COMUNIDADES DE TATUTÚ Y GUARAQUICHE, MUNICIPIO DE JOCOTÁN, CHIQUIMULA. 2015."**, tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

MSc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda
Asesor Principal

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
COORDINACIÓN DEL PROGRAMA
TRABAJOS DE GRADUACIÓN
AGRONOMIA

cc. Archivo

CUNORI
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

D-TG-A-037/2016

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **VÍCTOR JULIO ENRIQUE VILLEDA RODRÍGUEZ** titulado **"EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE HIDROGEL Y TRES FORMAS DE APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays), EN LAS COMUNIDADES DE TATUTÚ Y GUARAQUICHE, MUNICIPIO DE JOCOTÁN, CHIQUIMULA, 2015"**, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniero Agrónomo. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **Ingeniero Agrónomo.**

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veinticuatro de mayo de dos mil dieciséis.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Oriente
Chiquimula
Dirección

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI - USAC

c.c. Archivo
NWGC/ars

ACTO QUE DEDICO

A DIOS: por sus bendiciones, por las oportunidades, y poder conseguir así las metas en mi vida.

A MIS PADRES: Julio Enrique Villeda Machorro y Mayra Judith Rodríguez Hernández; por su amor, apoyo y esfuerzo permitiéndome así llegar hasta el día de hoy.

A MI HERMANA: Elcira Judith, gracias por llenar esos espacios en mi corazón.

A MIS ABUELOS: Rubén Rodríguez Rivera, Elcira Hernández España (Q.E.P.D), Víctor Vicente Villeda y Lilian Haidé Machorro Villagrán (Q.E.P.D); gracias por dejar a través de su diario vivir un ejemplo en mi.

A MIS TIOS Y PRIMOS: gracias por las convivencias que han llenado mi entorno haciéndolo más agradable.

A MIS AMIGOS: gracias por ser parte de tantos momentos agradables que como persona he vivido.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

AL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE (CUNORI): por ser mi casa de estudios en donde tuve la oportunidad de prepararme a nivel profesional.

A MI ASESOR DE TESIS: Ing. Hugo Villafuerte, por orientarme brindándome su tiempo y conocimiento para desarrollar mi investigación, a la vez aceptando ser padrino de graduación.

A LOS CATEDRÁTICOS DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA: por transmitirme sus conocimientos y consejos que influyeron en mí para llegar a ser un profesional.

A ILEANA VILLEDA MACHORRO: gracias por su apoyo incondicional y por estar presente en cada momento de mi vida.

A ESTER RODRÍGUEZ: gracias por su apoyo brindado durante toda mi etapa como estudiante, al abrirme las puertas de su hogar en todo momento.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO CONCEPTUAL	2
2.1 Antecedentes	2
2.2 Justificación	3
2.3 Definición y delimitación del problema	4
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1 Maíz y su desarrollo fisiológico	6
3.1.1 Características morfológicas, taxonómicas y bromatológicas	6
3.1.2 Crecimiento y fases de desarrollo	7
3.1.3 Requerimientos para el crecimiento del cultivo	8
3.2 Hidrogel como alternativa a los problemas por sequía	10
3.2.1 Qué es hidrogel	10
3.2.2 Usos del Hidrogel	12
3.2.3 Beneficios del Hidrogel	12
3.2.4 Su interés en la aplicación en la agricultura	13
4. MARCO REFERENCIAL	16
4.1 Descripción general del municipio de Jocotán	16
4.1.1 Ubicación geográfica	16
4.1.2 Demografía	17
4.1.3 Dimensión social	18
4.1.4 Dimensión ambiental	19
4.2 Descripción general aldea Guaraquiche	20
4.2.1 Ubicación geográfica	20
4.2.2 Aspectos sociales	20
4.2.3 Sector agrícola	21
4.3 Descripción general aldea Tatutú	22
4.3.1 Ubicación geográfica	22
4.3.2 Aspectos sociales	22

4.3.3 Sector agrícola 22

5. MARCO METODOLÓGICO 24
5.1 Objetivos 24
5.1.1 Objetivo general 24
5.1.1 Objetivos específicos 24
5.2 Hipótesis 25
5.3 Variable respuesta 25
5.4 Metodología 27
5.4.1 Materiales a utilizar 27
5.4.2 Tratamientos 27
5.4.3 Diseño experimental 28
5.4.4 Actividades a desarrollar para el manejo del experimento 32
5.4.5 Análisis de la información 34
6. RESULTADOS 35
6.1 Interpretación de resultados en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015 35
6.1.1 Control de precipitación en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015 35
6.1.2 Control de porcentaje de humedad de suelo en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015 39
6.1.3 Determinación de materia seca en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015 41
6.1.4 Análisis de covarianza entre número de plantas y peso de materia seca 45
6.2 Interpretación de resultados en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 47
6.2.1 Control de precipitación en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 47
6.2.2 Control de porcentaje de humedad de suelo en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 50
6.2.3 Control de alturas y diámetros en maíz en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 54

6.2.4 Promedios de rendimientos en maíz en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 56
6.2.5 Población de plantas de maíz para aldea Tatutú, Jocotán, 2015 58
6.2.6 Análisis estadístico de los resultados en aldea, Tatutú, Jocotán, 2015 59
6.2.6 Costos de producción para maíz en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 68
7. CONCLUSIONES 71
8. RECOMENDACIONES 73
9. BIBLIOGRAFÍAS 74
10. ANEXOS 77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1.	Clasificación botánica del maíz (Zea mays), Jocotán, Chiquimula, 2015	6
2.	Requerimiento hídrico (mm) de maíz (Zea mays), Jocotán, Chiquimula, 2015	9
3.	Dosis y forma de aplicación de hidrogel a evaluar en el cultivo de maíz (Zea mays), Jocotán, Chiquimula, 2015	28
4.	Combinaciones posibles para los tratamientos a evaluar en el cultivo de maíz (Zea mays), Jocotán, Chiquimula, 2015	30
5.	Sorteo de los bloques del diseño experimental en Arreglo Combinatorio distribuidos en Bloques Completos al Azar, Jocotán, Chiquimula, 2015	31
6.	Plan de fertilización adaptado para la investigación en el cultivo de maíz (Zea mays) en 750 m^2 en Jocotán, Chiquimula, 2015	33
7.	Resultado de porcentajes de humedad de suelo en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015	39
8.	Determinación de materia seca de las plantas de maíz, en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015	42
9.	Promedio de materia seca por tratamiento en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015	43
10.	Análisis de covarianza entre las variables número de plantas y peso de materia seca, en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015	45
11.	Porcentaje de humedad de suelo en los meses de junio y julio, aldea Tatutú, Jocotán, 2015	51
12.	Porcentaje de humedad de suelo en los meses de agosto y septiembre, aldea Tatutú, Jocotán, 2015	51
13.	Promedio de alturas y diámetros en maíz en aldea Tatutú, Jocotán, 2015	54

14. Promedio de rendimientos de maíz en Kg/25m^2 en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 56
15. Peso promedio de maíz por cada tratamiento en Kg/25m^2 en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 57
16. Rendimiento de maíz en Kg/Mz y Kg/Ha en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 57
17. Conteo de plantas de maíz por cada parcela neta en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 58
18. Análisis de Varianza para altura de planta en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 60
19. Análisis de Varianza para diámetro basal de planta en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 61
20. Análisis de Varianza para rendimiento en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 63
21. Análisis de Varianza para población de plantas en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 65
22. Conteo de plantas y rendimiento en grano por tratamiento, en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 66
23. Análisis de covarianza entre las variables número de plantas y rendimiento en grano, en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 66
24. Resultados de la relación Beneficio/Costo por tratamiento en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1.	Ubicación del municipio de Jocotán, Chiquimula, 2015	16
2.	Localidades con mayor número de personas en el municipio de Jocotán, Chiquimula, 2015	17
3.	Mapa de series de suelos y ubicación de las localidades donde se estableció el ensayo, municipio de Jocotán, Chiquimula, 2015	23
4.	Mapa de altimetría del municipio de Jocotán, Chiquimula, 2015	23
5.	Metodología para toma de datos en la unidad experimental, Jocotán, Chiquimula, 2015	26
6.	Precipitación del mes de mayo, estación climática Lomás, Oquén, Jocotán, 2015	35
7.	Precipitación del mes de junio, estación climática Lomás, Oquén, Jocotán, 2015	36
8.	Precipitación del mes de julio, estación climática Lomás, Oquén, Jocotán, 2015	36
9.	Precipitación del mes de agosto, estación climática Lomás, Oquén, Jocotán, 2015	37
10.	Efectos de la sequía en el cultivo de maíz en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015	38
11.	Humedad del suelo en tres épocas en el ciclo del cultivo en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015	40
12.	Peso de materia seca en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015	44
13.	Dispersión para las variables número de plantas y peso de materia seca, en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015	46
14.	Precipitación del mes de mayo, estación climática Tuticopote, Olopa, 2015	47
15.	Precipitación del mes de junio, estación climática Tuticopote, Olopa, 2015	47

16. Precipitación del mes de julio, estación climática Tuticopote, Olopa, 2015 48
17. Precipitación del mes de agosto, estación climática Tuticopote, Olopa, 2015 48
18. Precipitación del mes de septiembre, estación climática Tuticopote, Olopa, 2015 49
19. Porcentajes de humedades de suelo en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 53
20. Humedad del suelo en cuatro épocas en el ciclo del cultivo en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 53
21. Promedio de alturas por tratamiento en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 55
22. Promedio de diámetros por tratamiento en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 55
23. Dispersión para las variables número de plantas y rendimiento de grano de maíz, en aldea Tatutú, Jocotán, 2015 67

RESUMEN

La limitada precipitación en el departamento de Chiquimula, ha causado pérdidas en los cultivos en especial en maíz, en el ciclo de cosecha del año 2014, se presentaron pérdidas debido a canículas extendidas que provocaron que el maíz no produjera, comprometiendo la seguridad alimentaria de las familias, en especial del área rural. Según datos del MAGA, para el año 2014 se estimaron pérdidas en los cultivos superiores al 50% en la región del corredor seco.

Para combatir los efectos de la falta de precipitación, se deben buscar alternativas que contribuyan a que los productores obtengan un rendimiento que permita sufragar los costos y producir para la alimentación de su familia.

El Hidrogel es un polímero que puede ser aplicado a la agricultura, debido a su característica de retener agua y proporcionarla a la planta en forma gradual, por lo que en la investigación se evaluaron cuatro dosis y tres formas de aplicación, para determinar cuál es la más conviene a la hora de aplicarla al cultivo.

En los resultados de la investigación se demostró que al aplicar dos gramos de Hidrogel en la misma postura que la semilla, el rendimiento de maíz fue superior a los demás tratamientos, promediando 49 qq/ha, bajo las condiciones climáticas de la región. Esta es una buena opción para el agricultor, ya que el estudio económico mostró rentabilidad con una relación B/C de 1.49.

Cuando la precipitación de una localidad es limitante, no se recomienda la aplicación de Hidrogel, ya que actua como competencia por agua con el cultivo.

1. INTRODUCCIÓN

En el ciclo de cosecha del año 2014, se presentaron pérdidas por sequía en cultivos en el departamento de Chiquimula, siendo los municipios más afectados Chiquimula 83.3 %, San Juan Ermita 72.2 %, Jocotán 69.9%, otros municipios como San Jacinto, Camotán, Ipala y Esquipulas superan el 50 % de pérdidas. Debido a la influencia del cambio climático que provocó una canícula extendida de 30 días sin lluvia en el área.

Actualmente se ha recurrido a nueva tecnología para minimizar el efecto de la sequía en los cultivos, producto de esto se ha implementado Hidrogel, como una alternativa a corto plazo para agregarlo como un insumo más al sistema de siembra para así poder proporcionarle a la planta un abastecimiento paulatino de agua a la planta.

El propósito del estudio fue generar información sobre el uso de Hidrogel aplicado a un sistema de siembra de maíz en la región de Jocotán, para determinar la dosis y forma de aplicación que más sea conveniente para el agricultor y obtener una cosecha satisfactoria que contribuya a la seguridad alimentaria de su familia.

La metodología utilizada consistió en aplicar cuatro dosis de Hidrogel con tres formas de aplicación, en donde se midieron aspectos botánicos de la planta, rendimiento y la relación beneficio costo, con la finalidad de obtener una dosis de producto que muestre diferencias significativas entre los tratamientos.

La investigación se realizó en el municipio de Jocotán, Chiquimula, en las comunidades de Tatutú y Guaraquiche, durante el periodo de tiempo que corresponde de mayo a octubre del 2015.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes

El maíz es el principal alimento en la dieta alimenticia de las personas guatemaltecas, para los agricultores campesinos representa el cultivo de mayor importancia, contribuye a la alimentación de su familia aportando carbohidratos en 37.7 % y proteínas con 36.5 % en el consumo por persona y el consumo promedio de maíz anual es de 114 kg por persona, a menor ingreso económico el consumo de maíz puede duplicarse (Fuentes, 2002).

En el año 2014, el país atravesó por una canícula que se prolongó hasta 30 días sin lluvia, afectando a los granos básicos en especial maíz y frijol, el corredor seco que representa aproximadamente un 10 % de la producción nacional, se estableció que se perdió un 50 % del volumen total de las cosechas a causa de la sequía que afecto en el ciclo del cultivo (Emisoras Unidas, 2014).

Acción Contra el Hambre, determinó por medio de encuestas, que la sequía en el departamento de Chiquimula había afectado al 90.3 % de las familias entrevistadas y en donde se presentaron pérdidas superiores al 50 % de la cosecha de maíz. Se especifica también que el 89.7 % de las 8,966 familias entrevistadas no disponen de reservas de alimentos como maíz y frijol. Para el año 2014 se tuvieron pérdidas superiores a un 65 % en las cosechas y a ese evento se le suma el incremento en precios por quintal de maíz, llegando a 180 quetzales, haciendo que las familias de escasos recursos, no puedan comprarlo, comprometiendo la seguridad alimentaria de sus integrantes (Chiquimulaonline.com, 2012).

En cuanto a resultados de investigaciones en Hidrogel no existe en Guatemala; sin embargo, en otros países se han realizado estudios, tal es el caso de Venezuela, donde en el año 2006 se evaluó el efecto de Hidrogel en germinación de tomate, en donde se demostró que el uso de Hidrogel en germinación de la semilla mostraba un crecimiento mayor de la planta comparado a las semillas sin hidrogel.

2.2 Justificación

El cultivo de maíz forma parte de la cultura de los guatemaltecos y es primordial en la dieta alimenticia de las personas, sin embargo en las condiciones de Jocotán, Chiquimula se presenta el problema de la sequía, provocando pérdidas y bajas considerables en el rendimiento.

Para asegurar la seguridad alimentaria se deben implementar proyectos de desarrollo a corto plazo, para adaptarse a las variaciones climáticas, a los precios de los granos básicos y al acceso a empleo que genera entradas económicas para las familias.

Dentro de las acciones que se pueden implementar están los programas para la reducción de los riesgos causados por el cambio climático que afecta la región. Se deben buscar nuevas alternativas factibles, efectivas y que se encuentren dentro de la capacidad de adquisición de productores, gobierno o instituciones, hacia la reducción de los problemas causados por la variabilidad climática, en específico a la falta de precipitación que ha causado la interrupción de las actividades de las plantas en sus ciclos fenológicos, provocando de manera anunciada sus pérdidas.

Como parte de los trabajos de investigación generados dentro la carrera de Agronomía de CUNORI, USAC; se aborda el tema de la seguridad alimentaria de la región, en su interés por apoyar a los productores del municipio de Jocotán, se implementó una investigación con el uso de Hidrogel, para buscar alternativas a los problemas de sequía que causan pérdidas a los productores de maíz.

El Hidrogel que absorbe agua y la libera paulatinamente hacia las raíces de todo tipo de plantas, mejora las características del suelo como la retención y disponibilidad del agua, la aireación y la descompactación. Su aplicación en la agricultura, invernaderos y viveros, puede reducir el uso de agua hasta en más del 50%. México es pionero en el uso de este producto, realizando investigación en el cultivo de maíz, obteniendo resultados de hasta un 75% de ahorro en riegos.

Con los resultados de esta investigación se estableció que la utilización de Hidrogel en maíz, es una alternativa para mitigar los problemas de sequía en el área y a la vez contribuir a producir para la seguridad alimentaria de las familias.

2.3 Definición y delimitación del problema

Acción Contra el Hambre refiere en la Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil (2009), que la tasa de desnutrición crónica en Chiquimula en niños menores de 5 años es de 55.7 %, 10 puntos arriba del promedio nacional, que es de 43.3 %. En la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (2006) se registró que la pobreza general del departamento es de 59.5 %; 8.5 puntos por encima de la media nacional (Chiquimulaonline.com, 2012)

Actualmente el departamento de Chiquimula, ha tenido una baja significativa en el rendimiento del cultivo de maíz de hasta 0.52 ton/ha, representando un 65% de pérdida, ya que lo normal de producción puede llegar a ser 1.40 ton/ha (OXFAM, 2013); aunque los rendimientos más bajos se han debido a la extensión de una canícula que se presentó en el país, afectando principalmente el área oriental de Guatemala; a esas pérdidas se le suman el manejo agronómico proporcionado por parte de los productores, así como suelos no aptos para el cultivo.

El estudio se realizó en el municipio de Jocotán, en las comunidades de Tatutú y Guaraquiche, la primera a un altitud de 1350 y la segunda a 550 msnm. Para ubicar las áreas del estudio, se utilizaron mapas de series de suelos y altitud del municipio, en donde se determinó que la serie representativa en el área es la subinal y dos altitudes para representar el área de siembra del municipio, que se ubican sobre 1,000 y a menos 1,000 msnm, respectivamente.

Los factores de la producción que ha manejado el agricultor durante mucho tiempo, a limitado el potencial de producción del cultivo, ya que las condiciones de manejo y variabilidad climática han cambiado, por lo que el agricultor se ve en la necesidad de

implementar nuevas tecnologías para reducir el impacto de los factores negativos para el cultivo y asegurar la disponibilidad de alimentos para la familia.

El cambio climático ha provocado escasez de precipitación en el municipio presentándose hasta 30 días sin lluvia, y pérdidas en las cosechas; por lo tanto, el enfoque de este estudio fue aplicar Hidrogel en diferentes dosis al cultivo de maíz, estableciéndose que es una buena opción para los lugares que no son extremadamente secos.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Maíz y su desarrollo fenológico

3.1.1 Características morfológicas, taxonómicas y bromatológicas

El maíz tiene una diversidad genética muy grande a nivel mundial, hay más de 250 razas clasificadas y se ha cultivado en desde tiempos muy antiguos. La región Mesoamericana es considerada como el centro de origen, en Guatemala existen 13 razas de maíz, entre las cuales se pueden mencionar Olotón, San Marceño, Quiché, Naltel, entre otros. Es una monocotiledonea perteneciente a la familia Gramínea, Tribu Maydae, con dos generos: *Zea* (2n=20) y *Tripsacum* (2n=36).

Es una gramínea anual, robusta, de 1-4 m de altura, determinada, normalmente con un solo tallo dominante, pero puede producir hijos fértiles, hojas alternas en ambos lados del tallo, pubescentes en parte superior y glabrosas en parte inferior, monoeíca con flores masculinas en espiga superior y flores femeninas en jilotes laterales; de polinización libre y cruzada con exceso de producción de polen: 25-30 mil granos por óvulo, granos en hileras encrustados en el olote, mazorca en su totalidad cubierta por hojas; metabolismo fotosintético C4 (Fuentes, 2002).

Cuadro 1. Clasificación botánica del maíz (Zea mays), Jocotán, Chiquimula, 2015.

Reino	*Vegetal*
División	*Tracheophyta*
Subdivisión	*Pteropsidae*
Clase	*Angiospermae*
Subclase	*Monocotiledoneae*
Grupo	*Glumiflora*
Orden	*Graminales*
Familia	*Graminae*
Tribu	*Maydeae*
Género	*Zea*
Especie	*Zea Mays*
Variedades	*Arriquín*

Fuente: Fuentes, 2002

3.1.2 Crecimiento y fases de desarrollo

La planta de maíz presenta diferente comportamiento a las condiciones agroclimáticas. El conocer las características fenológicas establece el marco temporal que forma el rendimiento y sus componentes. Bolaños y Edmeades (1993) indican que en los puntos cardinales de germinación, iniciación floral, floración y madurez fisiológica se delimitan respectivamente las fases vegetativas, reproductiva y de llenado de grano. La duración de cada una de estas fases depende del genotipo, del fotoperíodo y de la temperatura.

a) Fase vegetativa

Esta fase se inicia al momento de comenzar el proceso de germinación de la semilla y se establecen las plántulas; se expande el follaje y se forma la capacidad fotosintética del cultivo, la cual controla la producción de biomasa. La biomasa total producida por el cultivo está altamente correlacionada con el tamaño final de la mazorca y en promedio se estima que ésta ocupa el 40% del peso total, esta relación se conoce como el índice de cosecha (IC) (Bolaños y Barreto, citado por Fuentes, 2002).

b) Fase reproductiva

En esta fase se elabora el órgano de interés desde el punto de vista de la cosecha: la mazorca y el número de granos por mazorca que constituye la fracción cosechable de la biomasa. En el caso del maíz las flores masculinas se producen en la inflorescencia terminal (espiga) y las flores femeninas en las axilas laterales (mazorcas), por lo que existe una distancia entre ambas y el polen debe viajar una corta distancia para fecundar a los estigmas. Dependiendo de la zona en donde se esté desarrollando el cultivo, existe un período que va de uno a dos días, entre la emisión del polen y la salida de los estigmas en la floración. La polinización es una fase extremadamente sensitiva al efecto que puedan causar los estreses ambientales tales como la sequía, que puede afectar negativamente al rendimiento (Bolaños y Edemeades, citado por Fuentes, 2002).

c) Fase de llenado de granos

Esta fase se inicia inmediatamente después de la polinización y determina el peso final del grano y de la mazorca. El peso del grano está correlacionado con la duración y la cantidad de radiación interceptada durante esta fase, y es afectada por estreses hídricos y nutricionales. La fase de llenado está marcada por tres fases: 1) Fase de arresto que puede durar de 10 a 20 días; 2) Fase lineal que es la fase de acumulación de materia seca y tiene una duración aproximada 35 días para maíces del Trópico bajo y 3) Fase de acumulación lenta con una duración de 7 a 14 días que concluye con la aparición de la capa negra y madurez fisiológica. Se denomina que el grano está en la etapa de capa negra", cuando éste cesa de alimentarse de la planta, formándose una capa de color negro que evita la entrada de nutrientes al grano, aspecto que da nombre a esta fase. La madurez fisiológica se alcanza cuando el grano está cerca de los 32-35% de humedad (Fuentes, 2002).

3.1.3 Requerimientos para el crecimiento del cultivo

El cultivo del maíz requiere de condiciones mínimas que favorecerán su rendimiento. El conocimiento de los diferentes eventos fenológicos de la planta posibilita entender el marco temporal de la formación del rendimiento y sus componentes. El maíz es una planta anual y determinada por puntos cardinales de la germinación, la iniciación floral, la floración y la madurez fisiológica, delineando receptivamente las fases vegetativa, reproductiva y de llenado de grano. La duración de cada una de estas fases depende del genotipo, del fotoperíodo y de la temperatura.

a) Influencia del fotoperiodo en el cultivo de maíz

El maíz es una planta determinada cuantitativa de días cortos. Esto significa que el progreso hacia floración se retrasa progresivamente a medida que el fotoperíodo excede de un valor mínimo. En general, para la mayoría de germoplasma de maíz tropical el fotoperíodo crítico oscila entre 11 y 14 horas y en promedio 13.5 horas. La mayoría de los materiales tropicales tienen mucha sensibilidad al fotoperíodo que puede influir en el retraso en la iniciación de la espiga (Fuentes, 2002).

b) Requerimientos de agua

La disponibilidad de agua en cantidades adecuadas al requerimiento de la planta, posibilita que el cultivo pueda desarrollarse adecuadamente y que posibilite potenciar rendimiento. La utilización del agua está en función del desarrollo fenológico de la planta y se correlaciona con otras variables muy importantes como lo es la capacidad de campo, evapotranspiración y temperatura. La cantidad de agua accesible al cultivo en un momento dado depende de la profundidad explorada por las raíces, de la cantidad de agua disponible hasta dicha profundidad y de la efectividad con que las raíces pueden extraer la humedad del suelo en los distintos niveles.

En general, el cultivo del maíz dispone de una fase crítica que demanda la mayor cantidad de agua. Este período ocurre durante la fase de pre y post floración. La limitación de agua en esta fase puede afectar negativamente al rendimiento debido al estrés que provoca en la fisiología de la planta. El efecto particularmente de la sequía afecta la habilidad de la planta de maíz a producir grano en tres fases críticas del crecimiento vegetativo: a) Al inicio del ciclo de cultivo, en estado de plántula puede matar a estas plantas y reducir la densidad de población; b) En fase de floración y c) en fase de llenado de grano.

La reducción de agua en el cultivo del maíz durante el período de prefloración, floración y post-floración provoca pérdidas de 25%, 50% y 21%, respectivamente. Heisey y Edmeades (1999) informan que el momento crítico de estrés de sequía de maíz se ubica entre los 7 días previos al inicio de la floración y 15 días posterior a esta (Fuentes, 2002)

Cuadro 2. Requerimiento hídrico de maíz (Zea mays), Jocotán, Chiquimula, 2015.

Cultivo	Fase			Total (mm)
	Vegetativa	Floración	Reproductiva	
Maíz	300	200	200	700

Fuente: Fuentes, 2002

c) Requerimientos del suelo

El cultivo de maíz se desarrolla bajo diferentes condiciones de suelo. La mayor dificultad de desarrollo del cultivo se encuentran en los suelos excesivamente pesados (arcillosos) y los muy sueltos (arenosos). Los primeros por su facilidad a inundarse y los segundos por la tendencia a secarse excesivamente. Sin embargo, las mejores condiciones se pueden encontrar en suelos que presenten buenas condiciones tales como textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención del agua. El maíz se puede cultivar con buenos resultados en suelos que presenten pH de 5.5 a 8, aunque el óptimo corresponde a una ligera acidez (ph entre 6 y 7) (Fuentes, 2002).

Un pH fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Con un pH inferior a 5.5, a menudo hay problemas de toxicidad por Al y Mn, con carencias de P y Mg. Con un pH superior a 8, tiende a presentarse carencias de Fe, Mn y Zn (Fuentes, 2002).

3.2 Hidrogel como alternativa a los problemas por sequía

3.2.1 Qué es Hidrogel

No existe una definición precisa del término Hidrogel, la descripción más usual se refiere a ellos como materiales poliméricos entrecruzados en forma de red tridimensional de origen natural o sintético, que se hinchan en contacto con el agua formando materiales blandos y elásticos y que retienen una fracción significativa de la misma en su estructura sin disolverse.

Es un polímero que absorbe agua, muchas veces su peso. Uno de sus principales usos es el ahorrar agua al mezclarlo con la tierra, sobre todo con suelos arenosos o que no retengan bien el agua. El polímero retiene el agua y no se pierde por evaporación de la misma manera que si estuviera solo el agua y el suelo y además, el polímero va

liberando el agua lentamente. Así el suelo no se satura demasiado de agua y la planta tiene un nivel de humedad estable.

Los hidrogeles se pueden definir como materiales poliméricos entrecruzados en forma de red tridimensional de origen natural o sintético, que se hinchan en contacto con el agua formando materiales blandos y elásticos, y que retienen una fracción significativa de la misma en su estructura sin disolverse. El mecanismo por el cual los polímeros son capaces de absorber tanto volumen de soluciones acuosas no es solamente físico, sino que depende de la naturaleza química del polímero. Las fuerzas que contribuyen al hinchamiento de los hidrogeles son la energía libre de mezcla y la respuesta elástica del entrecruzamiento.

Es un retenedor de agua que, cuando se incorpora en un suelo o un sustrato, absorbe y retiene grandes cantidades de agua y nutrientes si estos son solubles. A diferencia de la mayoría de los productos a los que se hidratan, Hidrogel tiene la propiedad de liberar fácilmente el agua absorbida y nutrientes, lo que permite que la planta contenga agua y nutrientes disponibles a voluntad en función de los ciclos de absorción-liberación.

El Hidrogel al contacto con el agua comienza su absorción del vital líquido hasta 200 veces su peso es decir hasta 200 Lt por cada kilo (dependiendo la pureza de esta). Cuando en la tierra se empieza a perder agua y humedad, Hidrogel comienza a liberar agua, de acuerdo a las necesidades de la raíz, manteniéndola siempre hidratada; esto sucede en todo tipo de plantas, permitiendo un importante ahorro de agua y una menor frecuencia de riego.

Los hidrogeles también pueden presentar un comportamiento de hinchamiento dependiente del medio externo, se dice entonces que son hidrogeles fisiológicamente sensibles. Algunos de los factores que afectan al hinchamiento de este tipo de hidrogeles incluyen el pH, temperatura, fuerza iónica y radiación electromagnética. (Hidrogel.es, s.f.).

3.2.2 Usos del Hidrogel

Hidrogel es especialmente adecuado para aplicarse en:

- Suelos arenosos
- Taludes y pendientes
- Ajardinamiento en terrazas
- Revegetación y recuperación de suelos degradados y contaminados
- Recuperación de vertederos y de minas

También ha demostrado su eficacia en la agricultura a gran escala, especialmente en el momento de la germinación y el desarrollo de la red de raíces, debido a una buena aireación del suelo. El almacenamiento de agua de lluvia o riego por Hidrogel retrasa el punto de marchitamiento y por lo tanto hace posible que ciertas plantas se conserven mientras se espera para el régimen de agua. Hidrogel asegura una buena población y un crecimiento aún más de las plantas, incluso en suelos muy permeables.

Por ejemplo, en el cultivo hortalizas, existen muchas áreas de aplicación para Hidrogel. El producto se agrega a mezclas para el invernadero y macetas a una concentración de 3g/litro de sustrato. Se usa como suplemento en hoyos de trasplante en el momento del trasplante de la plántula, de preferencia en forma de gel mezclado con agua a 5-6g de gel por cada litro de agua. También se aplica en surcos a 10-15Kg/ha (Distribuidora y Comercializadora Tornado, 2002).

3.2.3 Beneficios del Hidrogel

Los cristales de Hidrogel absorben agua cientos de veces su peso y la proporciona paulatinamente a las raíces de todo tipo de plantas, el producto mejora las características del suelo, como son la retención y disponibilidad del agua, la aireación y la descompactación. Su aplicación en la agricultura, invernaderos y viveros, el sector forestal y la arquitectura paisajista puede reducir el uso de agua hasta en más del 50%.

Agregando los cristales al sustrato, se incrementa el rendimiento, el crecimiento y la sobrevivencia de las plantas.

- Aumenta la capacidad de retención de agua de los suelos por varios años
- La frecuencia de riego se puede reducir en un 50%
- Limita las pérdidas de agua y nutrientes por lixiviación
- Reduce la evaporación del suelo
- Mejora las propiedades físicas de los suelos compactos
- Mejora el crecimiento de las plantas
- El agua y los nutrientes están continuamente disponibles en la zona de las raíces para una óptima absorción por las plantas
- Protege el medio ambiente contra la sequía y la contaminación de las aguas subterráneas
- Evita la perdida de la cosecha por falta de agua
- Absorbe fertilizantes solubles y los libera lentamente
- Incrementa el rendimiento de las cosechas
- Reduce la tensión de las plantas por falta de agua
- Ahorro de Agua
- Ahorro de abono
- Mejor calidad de las plantas
- Germinación acelerada
- No son tóxicos

3.2.4 Su interés en la aplicación en la agricultura

Una aplicación que está cobrando interés en la actualidad es el empleo de estos polímeros en el campo de la agricultura, para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo por tanto el desarrollo de las plantas. Al mezclar el hidrogel con el suelo se logra, por un lado, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración y por otro lado, también se consigue disminuir la evaporación de la misma. Estos factores son suficientes para mejorar la

actividad biológica y aumentar la producción del suelo (Rojas, Ramírez, Prin y Torres, 2006).

Además, la utilización de polímeros también produce una mejora de la estructura del suelo y de la aireación del mismo. Así el uso de este tipo de polímeros permitirá, por ejemplo, la recuperación de zonas semiáridas o terrenos de cultivos abandonados y poco fértiles cuando se emplea de forma extensiva. El estudio de materiales con propiedades especiales que permitan el aprovechamiento de estos suelos, ha encontrado en los hidrogeles una posible solución, siendo utilizados en terrenos desérticos para mantener la humedad y en regiones montañosas, en las que las lluvias arrastran las sustancias necesarias para el desarrollo de cultivos, para la liberación controlada de sales orgánicas y abonos nitrogenados (Rojas, Ramírez, Prin y Torres, 2006).

Entre las características más importantes de los hidrogeles se encuentran su capacidad de absorción y retención de agua, que depende de la naturaleza de los comonómeros empleados en su síntesis y del grado de entrecruzamiento de la red macromolecular. El empleo de hidrogeles super absorbentes en aplicaciones agrícolas necesita unos requerimientos mínimos, ya que no se puede utilizar al azar cualquier tipo de hidrogel sino que es necesario estudiar previamente su comportamiento antes de su empleo. El mal uso de los hidrogeles puede provocar grandes pérdidas económicas (Rojas, Ramírez, Prin y Torres, 2006).

Para reducir la lixiviación de nutrientes en el suelo, Hidrogel puede mezclarse en seco en preparaciones de fertilizantes. El comportamiento de las plantas fertilizadas con esta mezcla hace que sea posible para mantener o incluso aumentar rendimiento, mientras que al mismo tiempo proteger el medio ambiente de la lixiviación.

Prueba de Fabricantes de los resultados también muestran un mejor desarrollo radicular de las plantas, ahorro en el orden de 15% a 30% se observan en la cantidad de fertilizantes, el polímero se añade seco cuando los fertilizantes son fabricados.

También al mezclar Hidrogel con el sustrato proporciona una reducción en la falta de agua. Se asegura de que las plantas crezcan más rápido, frecuencias de riego se extienden, es una solución ideal en sustratos para contenedores, plantas colgantes, y plantas de interior. Se reduce la frecuencia de riego der 30% a 50%, lo que también reduce los costos laborales y la cantidad de agua utilizada.

Para mezclar uniformemente Hidrogel en el sustrato, la cantidad debe ser adaptada a cada tipo de sustrato basado en las necesidades de agua y características de las plantas, el cultivo y condiciones climáticas. Como regla general, mientras más permeable sea el sustrato, mayor es la necesidad de Hidrogel.

En sustratos permeables hechos de corteza, fibra de madera o de residuos de coco, la cantidad recomendada es de 2 a 3 kg/m3. En sustratos menos permeables, tales como turba o compost, la cantidad recomendada varía de 1 a 2 kg/m3.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Descripción general del municipio de Jocotán

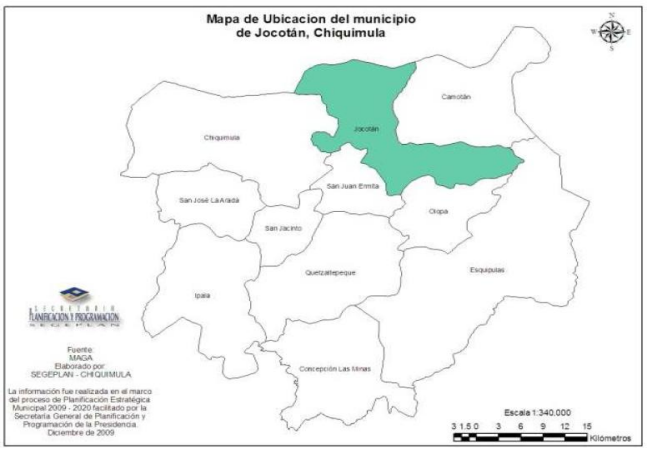
4.1.1 Ubicación geográfica

El municipio de Jocotán es uno de los cuatro municipios que integran la región Ch'ortí' en el departamento de Chiquimula y se ubica dentro de la cuenca hidrográfica denominada Copan Cho'rtí' cuyo cauce principal es el río Jupilingo o río Grande de Copán, de la República de Honduras.

Sus centros poblados presentan diferentes altitudes, las cuales oscilan entre trescientos metros a los mil ochocientos metros sobre el nivel del mar (msnm), lo que genera una diversidad de climas.

a) Extensión territorial

El municipio cuenta con un área aproximada de 247.4 km^2 y se encuentra a 29 km hacia la cabecera departamental. Se encuentra ubicado en latitud norte 14° 49' 10" y longitud oeste 89° 23' 25", con una elevación de 457msnm, tomando como referencia el parque central de la cabecera municipal.



Fuente: Plan de Desarrollo Municipal del municipio de Jocotán. 2011-2015

Figura 1. Ubicación del municipio de Jocotán, Chiquimula, 2015

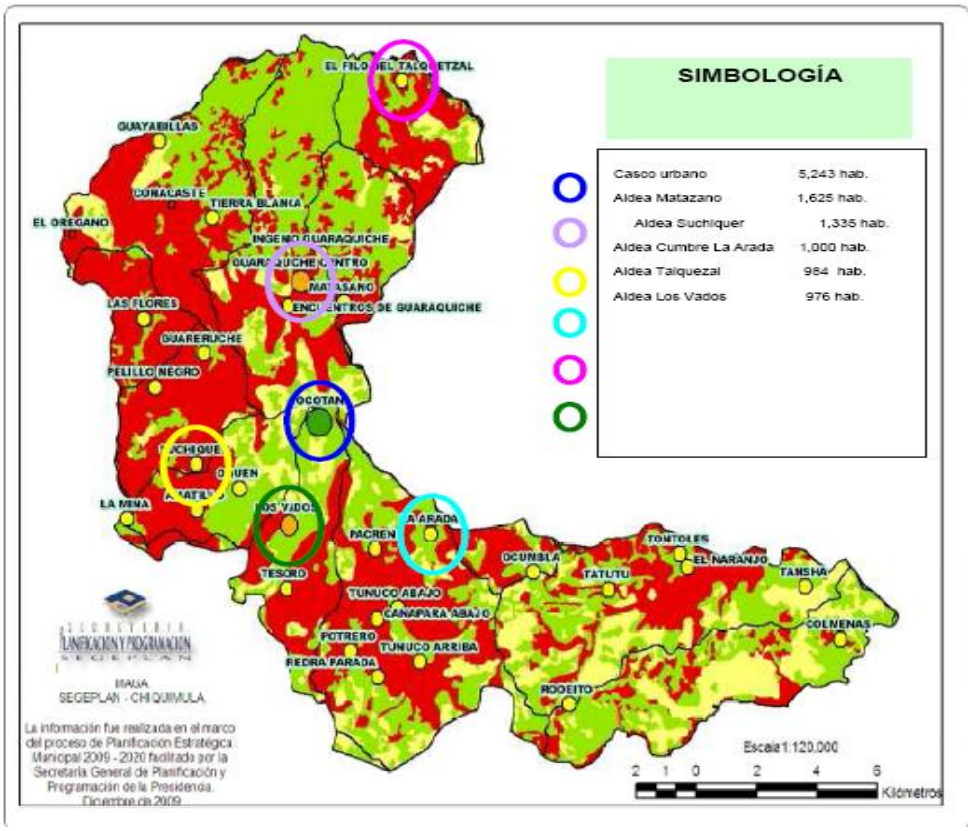
4.1.2 Demografía

a) Población

El municipio de Jocotán tiene una población de 53,960 habitantes, con una ruralidad de 89.41 % y el restante 10.59% se encuentra residente en el área urbana. La distribución de población en el municipio es de 50.68% para el género femenino y el restante 49.32% masculino (SEGEPLAN, 2010).

b) Distribución por étnias y flujos migratorios

La población del municipio de Jocotán está compuesta en su gran mayoría por indígenas de la etnia Ch'ortí' y ladinos, concentrados en su mayor proporción en la cabecera municipal (figura 2).



Fuente: SEGEPLAN, 2010.

Figura 2. Localidades con mayor número de personas en el municipio de Jocotán, Chiquimula, 2015.

4.1.3 Dimensión social

a) Mortalidad infantil

La primera causa de mortalidad en niños menores de 1 año en la actualidad, en el municipio la ocupa la Neumonía y Bronconeumonía con un 35.71 % y Síndrome diarreico agudo con un 28.57 %, el cual presenta una tasa de mortalidad infantil de 6.53 por mil nacidos vivos, de las cuales los cambios climáticos tienen mucha incidencia en el tema, por lo que conocer medidas preventivas y acciones profilácticas repercutirían en el descenso de este indicador.

b) Seguridad alimentaria y nutricional

Según el censo 2008 que realizara la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional SESAN, citado en el Plan de Desarrollo Municipal de Jocotán 2011-2015, indicó que el 72.8% tienen desnutrición crónica, lo que constituye en el municipio una debilidad a la que debe dársele atención.

Los suelos del municipio son de vocación forestal, actualmente se están sobre utilizando (63.36%) lo que ha incidido en la baja producción de las cosechas que como consecuencia ha sido un factor influyente en la desnutrición de los niños en el municipio.

La pobreza es un problema que se revela en diferentes niveles, como por ejemplo ingresos bajos, pocas pertenencias, poca educación, bajos niveles de asociatividad, carencia de oportunidades para hacer negocios o producir, tener el respeto y la dignidad de la sociedad, sentido de pertenencia, libertad para vivir la identidad cultural y otras.

4.1.4 Dimensión ambiental

a) Recursos naturales

En el municipio se denotan 3 zonas de vida:

- ✓ Bosque húmedo sub-tropical templado en el 80 % del territorio, especialmente en el área rural con precipitaciones de 1,100 a 1,350 mm; y una época de lluvias de mayo a noviembre con una biotemperatura media anual de 20º a 26º centígrados.

- ✓ Bosque seco sub-tropical en un 15% del territorio con precipitaciones de 500 a 1,000 mm, aquí se encuentra la región urbana de la Villa de Santiago Jocotán.

- ✓ Monte espinoso sub-tropical en un 5 % de su territorio en la colindancia con los municipios de Zacapa y Chiquimula con una precipitación pluvial anual de 400 a 600 mm.

b) Suelos

Los suelos de Jocotán son arcillosos por sectores y en algunas regiones con piedra caliza blanca. Su topografía es irregular, quebrada y mixta con suelos poco profundos. Se puede observar puntos de valles y cerros, que con una pendiente bastante elevada son utilizados para cultivos, sin existir técnicas de conservación que permitan generar mejores rendimientos y la protección del mismo.

Los porcentajes de pendientes (inclinación) de los terrenos oscilan entre un 10 hasta un 48% y son lugares donde las personas por su misma carencia de tierra las utilizan para la siembra de sus cultivos limpios (maíz, fríjol y sorgo), sobre utilizando el suelo y provocando con ello bajos rendimientos.

En la actualidad únicamente el 15.39 % de los suelos son uso correcto, mientras que el 21.26 % están sub utilizados y el restante 63.36% está sobre utilizado según mapa MAGA sobre intensidad de uso, año 2000.

El municipio es de vocación forestal, en donde la actualidad solamente el 12.09% del territorio tiene cobertura, pero la misma necesidad de la población los ha obligado a sembrar sus cultivos limpios como maíz, fríjol, sorgo en laderas; en algunas comunidades, se ve la producción bajo plástico de tomate y chile, así como sistemas de riego por goteo; estas áreas son como parcelas demostrativas que las instituciones como CARITAS, ACCION CONTRA EL HAMBRE y FAO-PESA han promovido en las comunidades.

La selección de las localidades donde se estableció el experimento se fundamentó en la serie de suelos predominante como lo es la serie subinal y dos regiones altitudinales debajo de 1,000 y arriba de 1,000 msnm, como lo son Guaraquiche y Tatutú, Jocotán.

4.2 Descripción general aldea Guaraquiche

4.2.1 Ubicación geográfica

Dicha comunidad se localiza en las coordenadas 14° 49´58” latitud Norte y 89° 24´48” longitud Oeste. Se encuentra a una altura de 550 msnm. La comunidad de Guaraquiche se encuentra en la zona de vida Bosque Seco Subtropical, la cual se identifica en el mapa de zonas de vida por el símbolo bs-S. El tipo de suelo predominante está clasificado como serie Subinal (Sub), (figura 3).

4.2.2 Aspectos sociales

Existen 85 viviendas con agua domiciliar. Por otra parte 45 viviendas cuentan con letrinas tipo pozo ciego y 87 no cuentan con servicio de letrinización. En lo que respecta a la propiedad de las viviendas, las 126 existentes son propias. De ese total 116 están construidas de paredes de bajareque con techo de lámina y 10 están construidas de

palma. La comunidad cuenta con carretera de terracería, la cual dista a 4 kilómetros del municipio de Jocotán.

4.2.3 Sector agrícola

a) Tenencia de la tierra

Veintiocho familias cuentan con tierra propia y 85 trabajan a través de usufructo. El promedio de tareas que poseen la mayor parte de las familias es de 8 tareas (21 x 21 metros cada una), para cultivar sus productos.

b) Cultivos

Los cultivos principales que se dedican a cultivar los habitantes de la comunidad de Guaraquiche son el maíz y fríjol. Utilizan materiales criollos con semilla seleccionada de cosechas anteriores.

En los meses de febrero y marzo preparan el terreno, en los meses de mayo y junio siembran el maíz, deshierban en los meses de junio y julio, abonan en agosto y por último la cosecha.

Los rendimientos en el cultivo de maíz según datos proporcionados por personal de ASACHI, rastrean que se llega a cosechar entre 25 a 30 libras por tarea, es decir entre 4 a 5 quintales por manzana.

La mayoría de los productos son utilizados para el consumo familiar, ya que los rendimientos son muy bajos y no existen excedentes. Como principal actividad, la mayoría de las familias se dedican a la agricultura. Los ingresos semanales por familia por parte de los hombres es de Q 200.00 y por parte de las mujeres, no se considera. Los meses más difíciles para conseguir comida son los comprendidos entre julio y agosto, donde la mayoría de las familias consumen menos alimentos y también comen alimentos menos preferidos e incluso se llega a reducir los tiempos de comida (Sazo, 2005).

4.3 Descripción general aldea Tatutú

4.3.1 Ubicación geográfica

La comunidad se encuentra en las coordenadas 14° 46´ 08” latitud Norte y 89° 19´45” longitud Oeste. Se encuentra a una altura de 1,289 msnm, como se muestra en la figura 4, y se ubicada bajo la serie de suelos Subinal.

4.3.2 Aspectos sociales

Tatutú tiene una población de 832 habitantes dividido entre 177 familias en 175 viviendas. El nivel de educación en la comunidad es nivel primario con 46 alumnos actualmente, dividido entre la escuela PRONADE y la escuela oficial. Las principales causas de mortalidad en la aldea son la desnutrición, la tosferina y la temperatura.

4.3.3 Sector agrícola

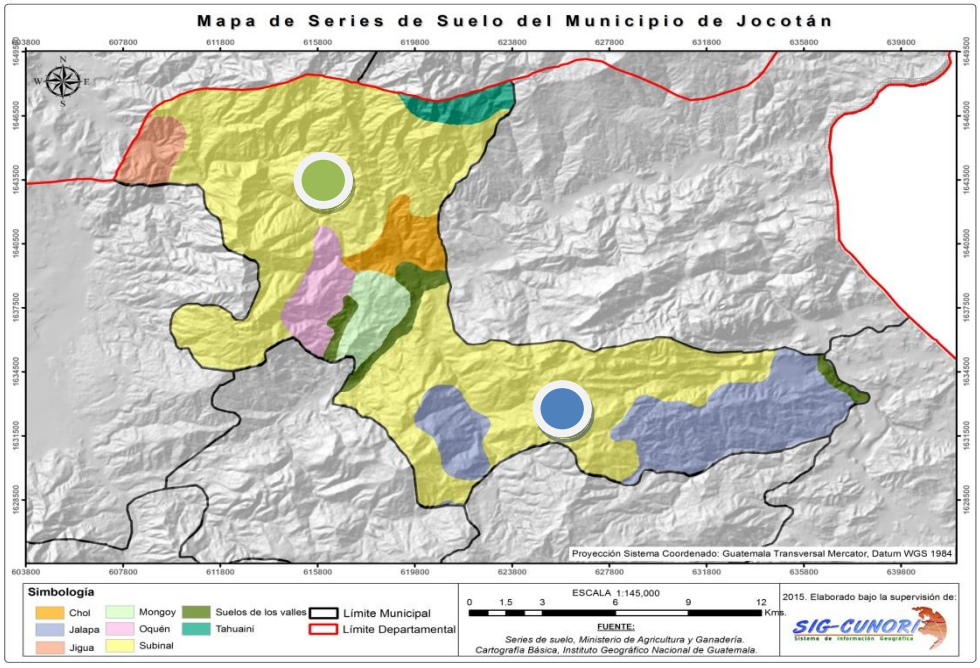
a) Tenencia de la tierra

La mayoría de familias disponen de tierra propia. Existe un terreno ejidal para uso comunal, del que se puede extraer leña, vigas y calzote para construcción de viviendas.

b) Cultivos

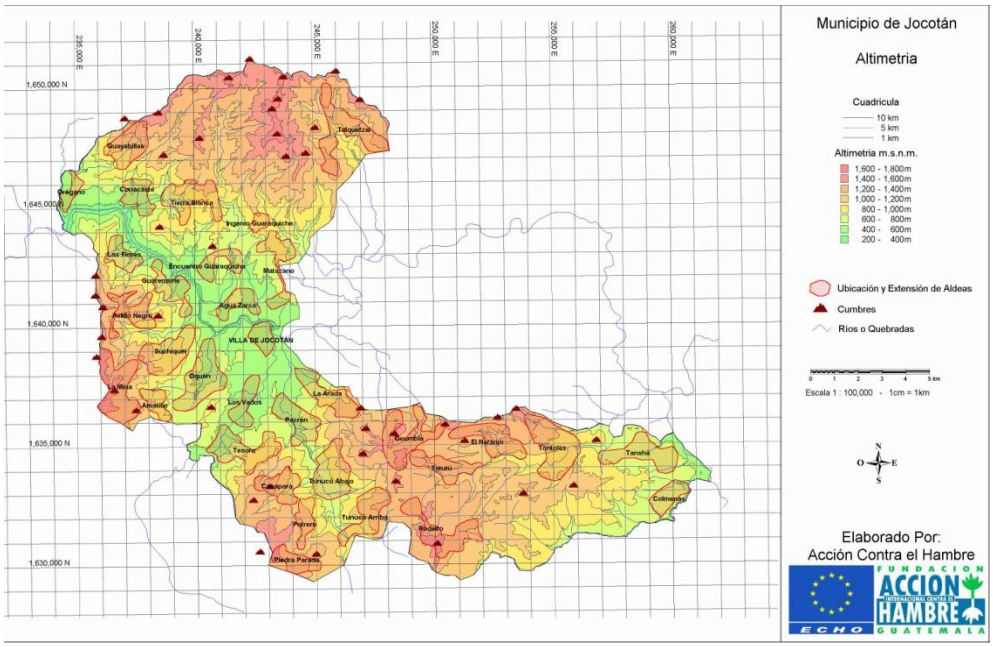
Existen cultivos como frijol, maíz, banano y café. Siendo los primeros dos para autoconsumo. Para el caso de maíz en abril y mayo se prepara el terreno. En junio se siembra, deshierba y abona y en octubre se cosecha.

Los hombres se ocupan de la agricultura y las mujeres de los oficios domésticos y a la crianza de cerdos, gallinas y pollos (Acción contra el Hambre, s.f.).



Fuente: SIG-CUNORI

Figura 3. Mapa de series de suelos y ubicación de las localidades donde se estableció el ensayo municipio de Jocotán, Chiquimula, 2015.



Fuente: DMP-JOCOTÁN

Figura 4. Mapa de altimetría del municipio de Jocotán, Chiquimula, 2015.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo general

Generar alternativas que contribuyan a mejorar la disponibilidad de maíz para las familias, mediante la evaluación del efecto de cuatro dosis y tres formas de aplicación de Hidrogel en el comportamiento botánico y rendimiento del cultivo, en las comunidades de Tatutú y Guaraquiche, municipio de Jocotán, Chiquimula.

5.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de cuatro dosis y tres formas de aplicación de Hidrogel sobre las variables de comportamiento botánico del maíz, para comparar el desarrollo vegetativo del cultivo entre los tratamientos.

- Determinar el rendimiento del cultivo de maíz con la aplicación de hidrogel, para conocer la dosis y forma de aplicación que presente mejores resultados.

- Determinar la Relación Beneficio Costo (B/C) de los tratamientos, para establecer si los beneficios comparados con los costos son económicamente atractivos para el agricultor.

5.2 Hipótesis

a) Al menos uno de los tratamientos de Hidrogel evaluados, presenta mayor crecimiento en altura de las plantas de maíz.

b) Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta mayor crecimiento de diámetro basal en la planta de maíz.

c) Al menos uno de los tratamientos de Hidrogel evaluados, presenta mayor rendimiento de grano de maíz.

5.3 Variables respuesta

En la evaluación de cada tratamiento, se estudiaron las variables siguientes:

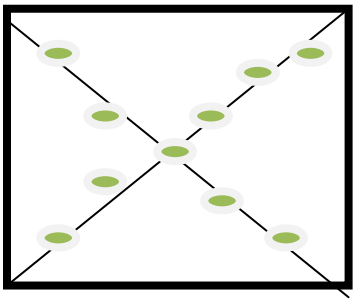
a) Altura de la planta (cm)

Previo a realizar la dobla de cada unidad experimental, se midió la altura total de las plantas de la parcela neta, para determinar el promedio de altura, por parcela y tratamiento.

b) Diámetro basal de la planta (cm)

Se tomaron medidas del diámetro basal de la planta, para determinar el grosor correspondiente por el efecto de cada tratamiento, se medió antes del primer entrenudo de la planta (anexo 2).

Para la toma de datos de cada parcela neta (60 plantas), se realizó un caminamiento de esquina a esquina, donde se midió las alturas y diámetros de las 10 posturas que queden más cerca de la línea trazada.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Metodología para toma de datos en la unidad experimental, Jocotan, Chiquimula, 2015.

c) Población de plantas (número)

Previo al momento de la cosecha se determinó el número de plantas existentes en cada unidad experimental y en la parcela neta.

d) Rendimiento de grano (kg/ha)

Luego de cosechadas las mazorcas de cada unidad experimental, se procedió a pesarlas con y sin tuza, luego se procedió al desgrane, para obtener el rendimiento en grano por cada unidad experimental, pesándolo cuando presentó el 12 % de humedad.

e) Humedad en el suelo (%)

Se determinó el % de humedad en el suelo antes de aplicar hidrogel, para saber si suple los requerimientos del cultivo de maíz. Se realizó antes de la siembra del producto y después de aplicado el producto. Se determinó cada 30 días a partir de la siembra, el método fue el de secado al horno, donde se obtuvieron muestras para luego pesarlas en húmedo y luego pesarlas en seco para determinar el porcentaje de humedad. La muestra se extrajo de la parcela neta justamente en medio de la línea trazada, teniendo un total de 10 muestras por bloque.

f) Registros de precipitación

Se llevaron registros de la precipitación pluvial, para determinar la cantidad de agua en mm durante el ciclo de cultivo. Esto con la ayuda de las estaciones climáticas de la Mancomunidad Copán Chortí, ubicadas en los municipios de Jocotán y Olopa.

g) Relación beneficio costo (quetzales)

Se realizó toma de datos de los costos, para dividirlos entre los ingresos obtenidos por el rendimiento, para determinar el tratamiento con la mejor relación.

5.4 Metodología

Para llevar a cabo la presente investigación, se procedió a seleccionar el terreno, donde se estableció el experimento, realizándose las siguientes actividades en las dos localidades Guaraquiche y Tatutú, que se encuentran en la misma serie de suelos y a una elevación 550 y 1,350 msnm respectivamente. Los resultados se interpretaron por cada localidad y no se estableció un modelo de comparación o interacción entre ambas localidades.

5.4.1 Materiales utilizados

La variedad de maíz fue arrequín, utilizada por los productores de la región. Se aplicó Hidrogel en dosis de 0, 1, 2 y 3 gramos por postura y fertilizante químico basado en el plan de fertilización recomendado por el ICTA. .

5.4.2 Tratamientos

El estudio consistió en evaluar cuatro dosis de Hidrogel combinadas con tres formas de aplicación.

Cuadro 3. Dosis y forma de aplicación de hidrogel evaluados en el cultivo de maíz (*Zea mays*), Jocotán, Chiquimula, 2015.

Forma de aplicación	Dosis de hidrogel (gramos)
Aplicado en el fondo de la postura al momento de la siembra	0
	1
	2
	3
Aplicado a 5 cm de distancia de la postura al momento de la siembra (en la parte superior de la pendiente)	0
	1
	2
	3
Aplicado a los 8 días después de la siembra, junto con la primera fertilización a 5 cm de distancia	0
	1
	2
	3

Fuente: Elaboración propia

5.4.3 Diseño experimental

El estudio es un diseño con dos factores, en el cual se evalúan cuatro dosis de hidrogel y tres formas de aplicación. El diseño experimental es un Arreglo Combinatorio distribuido en Bloques Completos al Azar, que contó con 12 combinaciones posibles y 3 repeticiones.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$\mathbf{Y_{ijk} = U + a_i + b_j + (ab)_{ij} + Y_k + E_{ijk}}$$

Sabiendo que:

Y_{ijk} = Variable de respuesta observada a medida de la ijk-ésima unidad experimental

U = Media general

a_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor “A”

b_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor “B”

$(ab)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor “A” y el j-ésimo nivel del factor “B”

Y_k =Efecto del k-ésimo bloque

E_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk-ésima unidad experimental

Se trazaron los surcos y las unidades experimentales, las que estaban compuestas por 5 surcos de 5 metros de largo separados a un metro de distancia, como parcela neta se tomaron los tres surcos centrales.

- La parcela bruta fue de 5m x 5m = 25 m^2 = 80 posturas x 2 plantas = 160 plantas.
- La parcela neta fue 3m x 3m = 9 m^2. = 30 posturas x 2 plantas = 60 plantas.
- Distancia entre plantas fue de 0.3 m y 1.0 m entre surcos. Donde se sembró a 4 granos por postura donde luego se aplicó raleo para dejar 2 plantas por postura.

El área total del experimento equivale a 800 m^2 sumando las parcelas y calles del diseño, pero el área donde se estudió el diseño fue de 750 m^2.

Cuadro 4. Combinaciones posibles de los tratamientos evaluados en el cultivo de Maíz (*Zea mays*), Jocotán, Chiquimula, 2015.

Forma de aplicación	Dosis de hidrogel (gr)	Combinación
Aplicado en el fondo de la postura al momento de la siembra. (A)	0	A0
	1	A1
	2	A2
	3	A3
Aplicado a 5 cm de distancia de la postura al momento de la siembra. (B)	0	B0
	1	B1
	2	B2
	3	B3
Aplicado a los 8 días después de la siembra junto con la primera fertilización a 5 cm de distancia (C)	0	C0
	1	C1
	2	C2
	3	C3

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5, se presenta la forma como se distribuyeron los tratamientos dentro de los bloques.

Cuadro 5. Sorteo de los bloques del diseño experimental en Arreglo Combinatorio distribuidos en Bloques Completos al Azar, Jocotán, Chiquimula, 2015.

Bloque 1

T0	**C2**	**B2**	**A1**	**C1**
A2	**B1**	**A3**	**B3**	**C3**

Bloque 2

B2	**C1**	**C2**	**A3**	**B3**
A1	**T0**	**C3**	**B1**	**A2**

Bloque 3

A2	**C2**	**A3**	**T0**	**C1**
C3	**B3**	**A1**	**B1**	**B2**

Fuente: Elaboración propia

5.4.4 Actividades desarrolladas para el manejo del experimento

a) Preparación de terreno y trazado del diseño

Luego de la limpieza de terreno se procedió a construir el diseño de las parcelas con la respectiva ubicación de los tratamientos, basándose en las medidas preestablecidas con las respectivas ubicaciones de los bloques y tratamientos. La limpieza del terreno se hizo con la aplicación de herbicidas tipo quemantes.

b) Hidratación de hidrogel

Según pruebas realizadas en laboratorio, se determinó que la cantidad óptima que necesita el hidrogel para hidratarse y llegar al punto exacto de absorción es de 110 ml de agua/1 gramo de hidrogel. Esta actividad se hace directamente en el campo, tomando en cuenta la relación agua-Hidrogel en sus proporciones correspondientes; como el Hidrogel presenta un efecto inmediato al entrar en contacto con el agua se puede realizar esta actividad previo a su aplicación.

c) Siembra

La siembra se realizó a un distanciamiento de 0.3 metros entre planta, a 4 granos por postura, aplicando un raleo para dejar dos plantas; al mismo tiempo se aplicó la dosis determinada de hidrogel, para el tratamiento correspondiente.

d) Control de malezas

Durante el ciclo del cultivo y de acuerdo a las necesidades, se hicieron dos limpias en los alrededores de la planta, esta labor se realizó en forma manual, eliminando la maleza presente.

e) Control de plagas

Se realizaron muestreos de plagas, para verificar la necesidad de aplicar control, la plaga que se presentó fue el gusano cogollero *(Spodóptera frugiperda),* por lo cual se aplicó Lannate a razón de 1 ½ copa por bomba, equivalentes a 30 ml de producto.

No fue necesaria realizar una segunda aplicación, ya que con la primera que se hizo la plaga ya no mostró incidencia en el maíz.

f) Fertilización

Según Fuentes (2002), investigador del ICTA, sugiere que los requerimientos para el cultivo de maíz en el área de una manzana son los siguientes, conforme se indica en el cuadro 6.

Nitrógeno = 300 lb/mz, aplicados en tres porcentajes 40%, 40% y 20%

Fósforo = 60 lb/mz, aplicados en dos porcentajes 80% y 20%

Potasio = 200 lb/mz, aplicados en tres porcentajes 25%, 25% y 50%

Azufre = 30 lb/mz, aplicados en dos porcentajes 30% y 70%

Se manejó bajo el concepto del plan de fertilización dictaminado por el ICTA, trabajando para un área de 750 m^2 establecidos en el diseño experimental. Los porcentajes y cantidades de fertilización se muestran en el cuadro 6. Para el cálculo de dosis por postura, ver página 78 de anexos.

Cuadro 6. Plan de fertilización adaptado para la investigación en el cultivo de maíz (Zea mays), en 750 m^2 en Jocotán, Chiquimula, 2015.

Aplicación	Días después de la siembra	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Azufre	
		Lb	%	Lb	%	Lb	%	Lb	%
Primera	8	12.86	40	5.14	80	5.14	25	0.96	30
Segunda	22	12.86	40	1.3	20	5.14	25	2.25	70
Tercera	40	6.43	20			10.72	50		
Totales		**32.14**	**100**	**6.43**	**100**	**21.43**	**100**	**3.21**	**100**

Fuente: Elaboración propia basado en Fuentes, 2002.

5.4.5 Análisis de la información

Para las variables respuesta, se realizaron los análisis de varianza (ANDEVA); cuando se encontró diferencias significativas entre los factores, se procedió a efectuar las respectivas pruebas de medias, utilizando para ello el método de LSD de Fisher al 5 %. También se analizó la relación Beneficio Costo de los tratamientos, para identificar el que presente mejor relación.

De igual forma se elaboró el informe final de la investigación donde se presentan los resultados del proyecto, al mismo tiempo se describen las respectivas recomendaciones para luego compartirlas con los productores. Los resultados de cada localidad se interpretaron por separado, es decir son independientes de los resultados obtenidos en cada localidad de estudio.

Con la investigación se determinó si el hidrogel puede ser aplicable a las condiciones de sequía característica de la región del corredor seco y con ello suponer que esto podría significar un mecanismo de respuesta ante los periodos secos prolongados y/o utilizables en climas áridos.

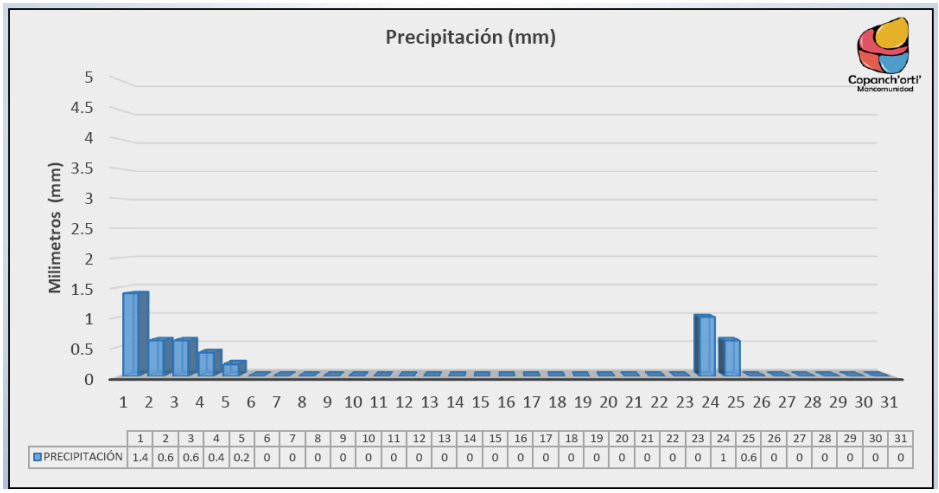
Con la investigación se identificó el tratamiento o dosis de hidrogel y forma de aplicación que mejor rendimiento presentó al compararlo con los demás, así como la rentabilidad de cada tratamiento en estudio.

6. RESULTADOS

Como parte de la investigación se determinaron y evaluaron las variables respuesta, tanto en los aspectos botánicos de la planta, el rendimiento y las condiciones de clima y suelo.

6.1 Interpretación de resultados en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

6.1.1 Control de precipitación en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015

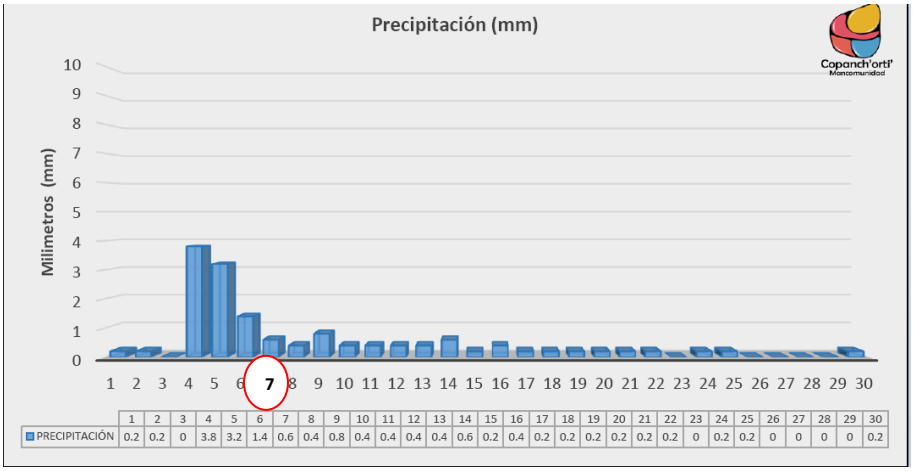


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PRECIPITACIÓN	1.4	0.6	0.6	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.6	0	0	0	0	0	0

Fuente: SIM – Mancomunidad Copán Chortí

Figura 6. Precipitación del mes de mayo, estación climática Lomas, Oquén, Jocotán, 2015.

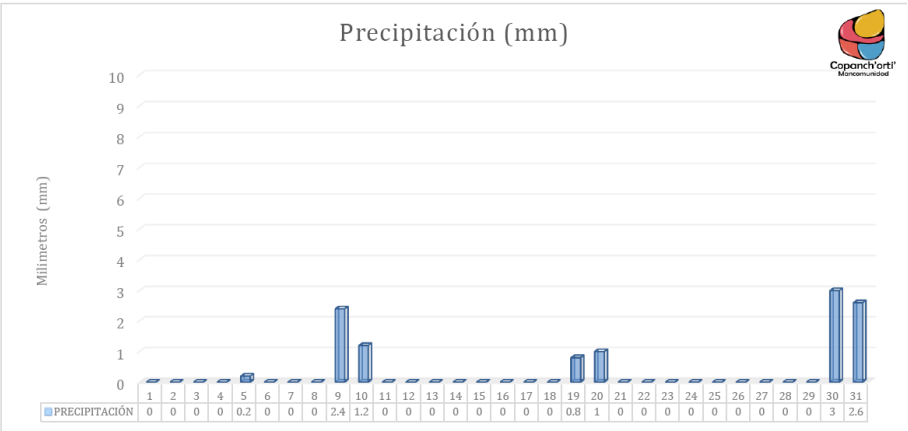
Durante el mes de mayo se presentó una precipitación acumulada de 4.8 mm de agua. En la figura 6 se aprecia que solamente se presentó una precipitación durante el inicio del mes, dejando un periodo seco de 19 días, marcándose de manera irregular el inicio del periodo de lluvias.



Fuente: SIM – Mancomunidad Copán Chortí

Figura 7. Precipitación del mes de junio, estación climática Lomas, Oquén, Jocotán, 2015.

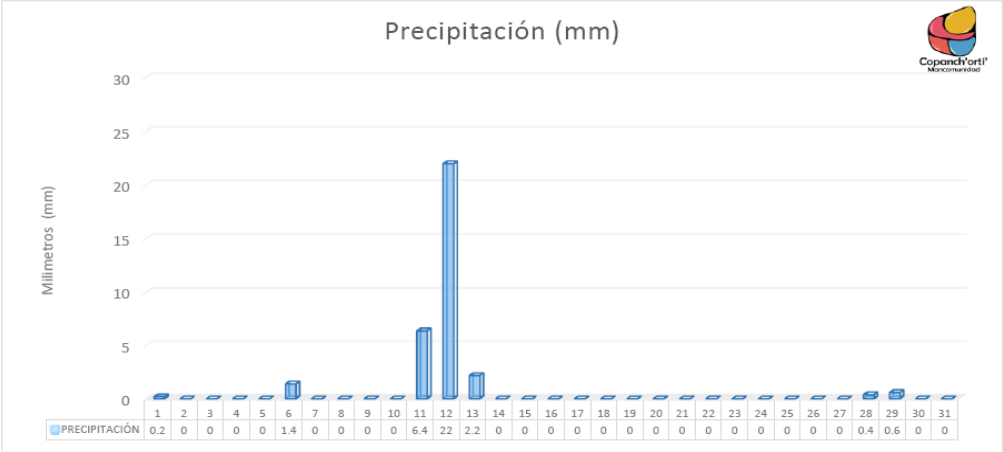
Durante el mes de junio se presentó una precipitación acumulada de 15.2 mm de agua, iniciando a afectar a los agricultores de la región por la escasez de lluvia para sus cultivos. El día siete de junio se realizó la siembra del cultivo de maíz en el ensayo.



Fuente: SIM – Mancomunidad Copán Chortí

Figura 8. Precipitación del mes de julio, estación climática Lomas, Oquén, Jocotán, 2015

Durante el mes de julio se presentó una precipitación acumulada de 11.2 mm de agua, continuando con una escasez de precipitación en la región, por lo tanto el ensayo pasó 32 días sin recibir una precipitación significativa, desde el 7 de junio al 9 de julio, se empieza a evidenciar que las plantas son afectadas, aun las que cuentan con Hidrogel.



Fuente: SIM – Mancomunidad Copán Chortí

Figura 9. Precipitación del mes de agosto, estación climática Lomas, Oquén, Jocotán, 2015.

Hasta el 12 de julio, cuando se aplicó la segunda fertilización, las plantas presentaban buen desarrollo; sin embargo, la escasez de lluvia durante el mes de julio y primeros 15 días de agosto terminó con el cultivo, produciéndose plantas que presentaron floración, con un tamaño pequeño.

Durante el mes de agosto se presentó una precipitación acumulada de 33.2 mm de agua. En este mes los cultivos se perdieron debido a que llegaron a un punto de marchitez permanente, el Hidrogel no pudo suplir la demanda de agua de las plantas. Por la falta de precipitación el Hidrogel no pudo volver a hidratarse y seguir con su función.

Sumando las precipitaciones acumuladas durante los cuatro meses estudiados, se obtuvo una precipitación total de 64.4 mm de agua, según Fuentes (2002), el requerimiento total de agua por ciclo de cultivo es de 700 mm, evidenciando que no fue posible obtener cosecha bajo estas condiciones.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Efectos de la sequía en el cultivo de maíz en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

En la figura 10, se aprecia que las plantas del ensayo muestran los efectos negativos de la sequía, la planta llegó a su fase fenológica de floración pero evidenciando una falta de desarrollo en su morfología.

6.1.2 Control de porcentaje de humedad de suelo en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

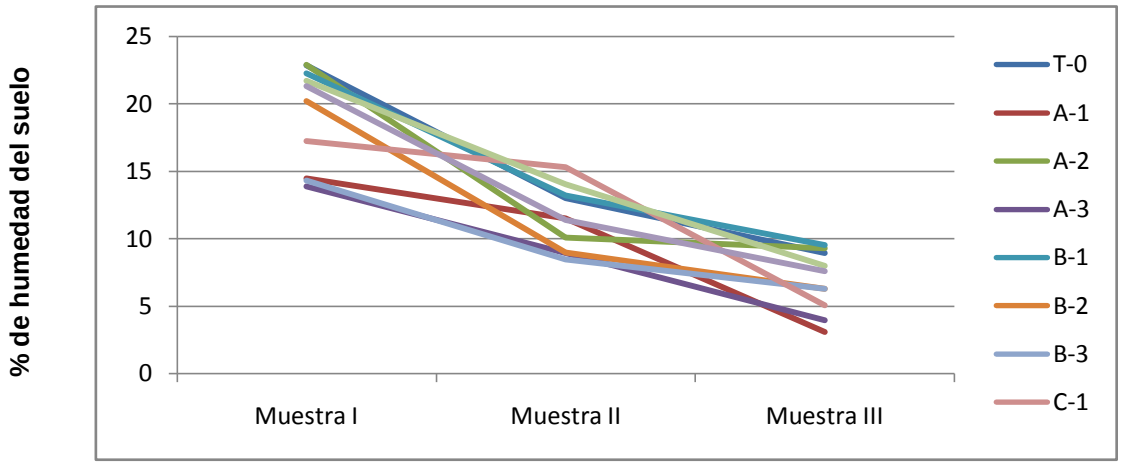
Cuadro 7. Resultados de porcentaje de humedad de suelo en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

Primera muestra obtenida del bloque I (sin Hidrogel), el do-7-jun-2015					**Segunda muestra obtenida del bloque II (primera con Hidrogel), el vi-3-jul-2015**				**Tercera muestra del bloque III (segunda con Hidrogel), el do-9-agost-2015**			
Tratamientos	Peso caja de Al + suelo (gr)	Peso caja de Al + suelo (seco) (gr)	Peso del agua (gr)	% de humedad	Peso caja de Al + suelo (gr)	Peso caja de Al + suelo (seco) (gr)	Peso del agua (gr)	% de humedad	Peso caja de Al + suelo (gr)	Peso caja de Al + suelo (seco) (gr)	Peso del agua (gr)	% de humedad
T0	22.51	20.22	2.29	22.85	22.5107	21.1904	1.32	13.00	22.5791	21.6754	0.90	8.95
A1	22.62	21.17	1.45	14.46	22.4090	21.2501	1.16	11.51	22.4687	22.1567	0.31	3.08
A2	22.46	20.17	2.29	22.90	22.5620	21.5525	1.01	10.10	22.6070	21.6674	0.94	9.30
A3	22.35	20.96	1.39	13.90	22.5376	21.6413	0.90	8.95	22.4554	22.0588	0.40	3.97
B1	22.42	20.08	2.34	22.28	22.4745	21.1446	1.33	13.22	22.4182	21.4570	0.96	9.54
B2	22.43	20.41	2.02	20.20	22.4129	21.5114	0.90	8.96	22.5095	21.8817	0.63	6.28
B3	22.59	21.15	1.44	14.31	22.6154	21.7588	0.86	8.46	22.4048	21.9097	0.49	4.87
C1	22.47	20.74	1.73	17.25	22.2745	20.7328	1.54	15.31	22.6960	22.1866	0.51	5.06
C2	22.35	20.18	2.17	21.70	22.5465	21.1251	1.42	14.04	22.4744	21.6769	0.80	7.99
C3	22.44	20.30	2.14	21.31	22.5316	21.3794	1.15	11.39	22.4993	21.7439	0.76	7.60

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en los resultados del cuadro 7, la primera muestra obtenida sin Hidrogel muestra que el porcentaje de humedad del suelo sobrepasa en la mayoría de los tratamientos el 15%, incluso algunos el 20%, haciendo un suelo apto para la siembra del cultivo. Debido a la falta de precipitación se aprecia que un mes después en la segunda muestra, el porcentaje de humedad del suelo ha bajado a un rango de entre 10 a 15%, evidenciando que el suelo ha ido perdiendo la humedad y afectando el cultivo. El Hidrogel sin la precipitación no puede volver a hidratarse, para suplir de agua a la planta, por lo tanto se empieza a ver un efecto negativo en el cultivo.

En la tercera muestra se aprecia un descenso en el porcentaje de humedad del suelo a menos de 10%, debido a que en el mes anterior a la muestra (mes de julio) la precipitación fue casi nula, 11.2 mm de agua, limitando la hidratación del gel y llevando a la planta a punto de marchitez permanente, perdiendo el cultivo establecido en el experimento. En la figura 11 se aprecia el descenso del porcentaje de humedad del suelo debido a la falta de precipitación en la región.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Humedad del suelo en tres épocas en el ciclo del cultivo en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

Para realizar los controles de porcentaje de humedad del suelo, se utilizó el método de secado en horno, aplicando la metodología correspondiente para hacerlo. La frecuencia con la que se realizaron las muestras fue cada mes, realizando la primera muestra cuando aún no se había aplicado el Hidrogel, que sirvió de parámetro de comparación con las demás muestras que se realizaron cuando el Hidrogel ya se encontraba distribuido en el suelo.

Se tomó una muestra por cada tratamiento en el bloque correspondiente, haciendo un total de 10 muestras por cada bloque, se llevaron al laboratorio para obtener el porcentaje de humedad del suelo.

6.1.3 Determinación de materia seca en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

Debido al periodo seco que se presentó en la aldea y en el ensayo, no fue posible obtener una cosecha de maíz en la investigación, aún con el Hidrogel no fue posible abastecer al cultivo, ya que el gel necesita de precipitación para volver a hidratarse.

En esta región las personas perdieron sus cosechas a causa de la falta de precipitación, afectando a las familias en su Seguridad Alimentaria. Como parte de la investigación se procedió a determinar el peso de materia seca de las plantas de maíz, para conocer si los efectos del Hidrogel pudieron aumentar la materia seca del cultivo.

Cuadro 8. Determinación de materia seca de las plantas de maíz, en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

Bloque I						
Tratamiento	Plantas por parcela	% de plantas remanentes	Peso verde por parcela (Kg)	Peso muestra en verde (gr)	Peso muestra seca (gr)	Peso seco por parcela (Kg)
T0	101	63.12	3.97	223.26	137.78	2.45
A1	117	73.12	5.19	214.89	125.71	3.04
A2	115	71.87	3.86	291.29	53.19	0.70
A3	105	65.62	2.86	197.72	28.73	0.41
B1	71	44.37	1.81	202.15	36.89	0.33
B2	100	62.50	3.63	225.04	70.66	1.14
B3	84	52.50	1.81	182.00	51.17	0.51
C1	133	83.12	4.99	232.48	103.20	2.21
C2	116	72.50	4.76	180.76	33.31	0.88
C3	119	74.37	4.54	154.57	74.38	2.18
Bloque II						
Tratamiento	Plantas por parcela	% de plantas remanentes	Peso verde por parcela (Kg)	Peso muestra en verde (gr)	Peso muestra seca (gr)	Peso seco por parcela (Kg)
T0	108	67.50	5.38	177.07	122.20	3.71
A1	88	55.00	3.94	189.76	92.60	1.92
A2	89	55.62	5.22	174.28	98.63	2.95
A3	96	60.00	5.78	155.79	56.12	2.08
B1	98	61.25	6.04	185.51	72.52	2.36
B2	26	16.25	0.68	128.91	77.27	0.41
B3	69	43.13	3.09	215.81	71.12	1.02
C1	72	45.00	2.72	164.94	79.74	1.31
C2	137	85.62	5.90	223.07	142.91	3.78
C3	113	70.62	7.49	190.35	66.14	2.60
Bloque III						
Tratamiento	Plantas por parcela	% de plantas remanentes	Peso verde por parcela (Kg)	Peso muestra en verde (gr)	Peso muestra seca (gr)	Peso seco por parcela (Kg)
T0	82	51.25	2.84	205.77	142.19	1.96
A1	62	38.75	2.35	173.30	105.74	1.43
A2	49	30.62	1.13	157.43	114.16	0.82
A3	52	32.50	1.36	153.03	73.93	0.66
B1	65	40.62	2.81	178.37	116.22	1.83
B2	86	53.75	3.86	196.09	126.42	2.49
B3	54	33.75	1.59	219.02	125.33	0.91
C1	82	51.25	2.66	182.40	115.11	1.68
C2	58	36.25	1.73	151.71	102.67	1.17
C3	28	17.50	0.63	138.35	94.09	0.43

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 8 presenta el peso de materia seca obtenido por tratamiento en cada bloque, todo esto después de hacer el proceso en el laboratorio de secado al horno, para determinar la materia seca de cada tratamiento.

Para tener el peso de materia seca por tratamiento se elaboró un promedio, sumando el peso de las tres repeticiones, para obtener un peso promedio por cada tratamiento. Ver cuadro 9.

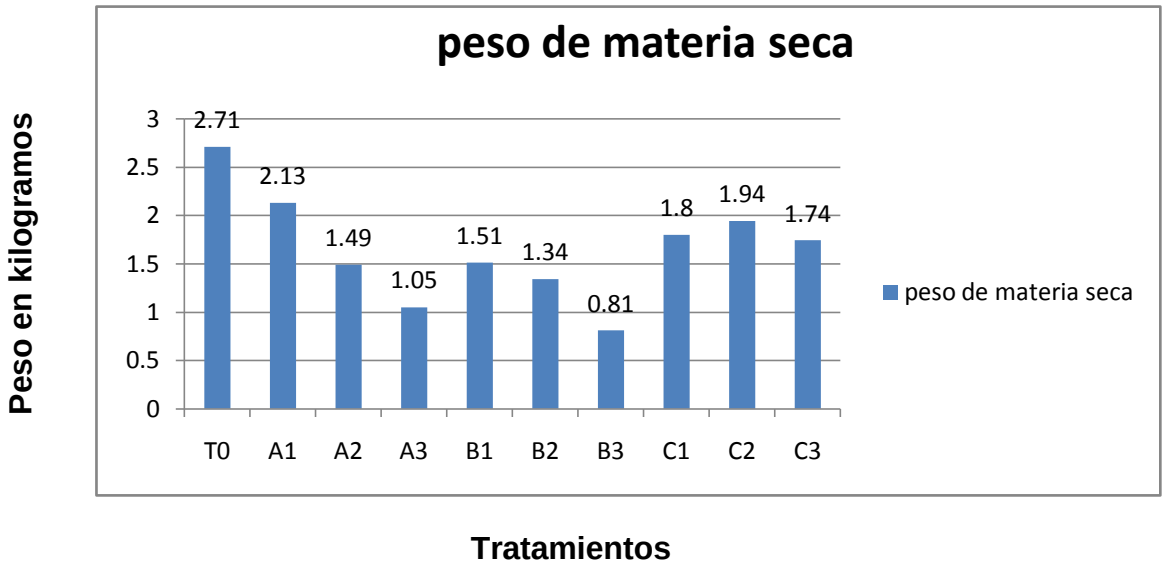
Cuadro 9. Promedio de materia seca por tratamiento en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

Tratamiento	Peso en Kg/25m^2
T0	2.71
A1	2.13
A2	1.49
A3	1.05
B1	1.51
B2	1.34
B3	0.81
C1	1.80
C2	1.94
C3	1.74

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 9 expresa el peso de materia seca por cada tratamiento, notándose que el Testigo presentó el mejor peso de materia seca, evidenciando que el Hidrogel no tuvo ningún efecto favorable en esta investigación.

La figura 12 muestra la gráfica del rendimiento por tratamiento de materia seca en la aldea Guaraquiche. Los pesos están dimensionados en kilogramos por la superficie de cada tratamiento (Kg/25 m^2).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Peso de materia seca en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

Como se muestra en la figura 12, el comparador (o sea los tratamientos sin Hidrogel) presenta el mayor peso promedio de materia seca con relación a los tratamientos con Hidrogel, debido a las condiciones de la región en donde la precipitación que se presentó durante el ciclo de cultivo fue relativamente poca, el Hidrogel mostró un comportamiento de competencia de agua con la planta, ya que una de sus cualidades es absorber agua.

Las atmósferas de presión ejercidas por la raíz de la planta no fueron suficientes para absorber la cantidad de agua presente en el suelo. Es por eso que el comparador presenta mayor peso de materia seca, ya que las plantas no poseían Hidrogel, por lo tanto el agua estaba disponible solo para la planta, permitiéndole un mayor crecimiento.

6.1.4 Análisis de covarianza entre número de plantas y peso de materia seca

Se contó el número de plantas por parcela para relacionarlas con el peso de materia seca obtenida, para ello se realizó un análisis de covarianza entre estas dos variables utilizando los datos del cuadro 8, teniendo como resultado los datos siguientes.

Cuadro 10. Análisis de covarianza entre las variables número de plantas y peso de materia seca, en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

Dependent Variable: PESO					
Source	**DF**	**Sum of Squares**	**Mean Square**	**F Value**	**Pr > F**
Model	**1**	**14.27039997**	**14.27039997**	**20.98**	**<.0001**
Error	**34**	**23.12327503**	**0.68009632**		
Corrected Total	**35**	**37.39367500**			

R-Square	**Coeff Var**	**Root MSE**	**PESO Mean**	**R**
0.381626	**45.24991**	**0.824680**	**1.822500**	**0.61**

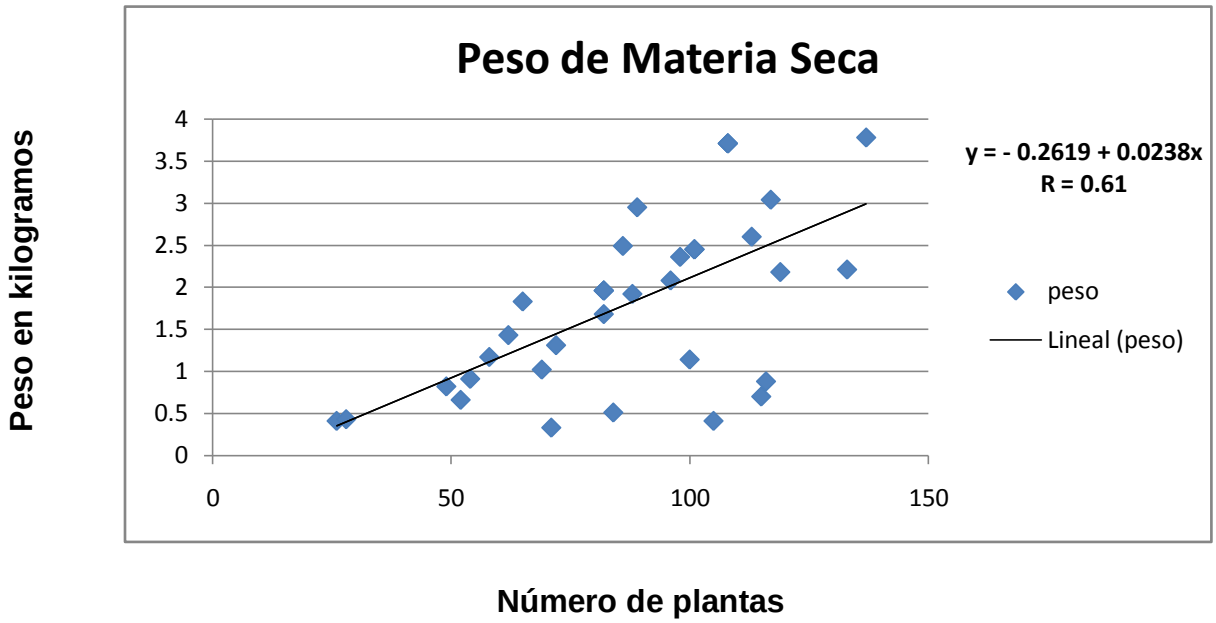
Parameter	**Estimate**	**Standard error**	**t Value**	**Pr > |t|**
Intercept	**-.2618785018**	**0.47533924**	**-0.55**	**0.5853**
PLANTAS	**0.0237686494**	**0.00518886**	**4.58**	**<.0001**

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de covarianza realizado en el cuadro 10, muestra que existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$). Donde se estableció un coeficiente de correlación de 0.61, por lo tanto, si existe relación entre el número de plantas y el peso de materia seca, ya que el coeficiente se aproximada a 1; y los datos se asocian en un 38 % según el coeficiente de estimación, obteniendo el siguiente modelo:

$$y = - 0.2618785018 + 0.0237686494 (x)$$

La figura 13 muestra la gráfica de dispersión entre las variables “x” (cantidad de plantas) y “y” (peso de materia seca), en donde se proyecta una tendencia lineal, en donde muestra el nivel de relación de cada punto observado; es decir, mientras más cerca esté el punto de la línea, existe mayor relación entre el número de plantas y el peso de materia seca; mientras más lejos se encuentre menor es el nivel de relación entre las variables.

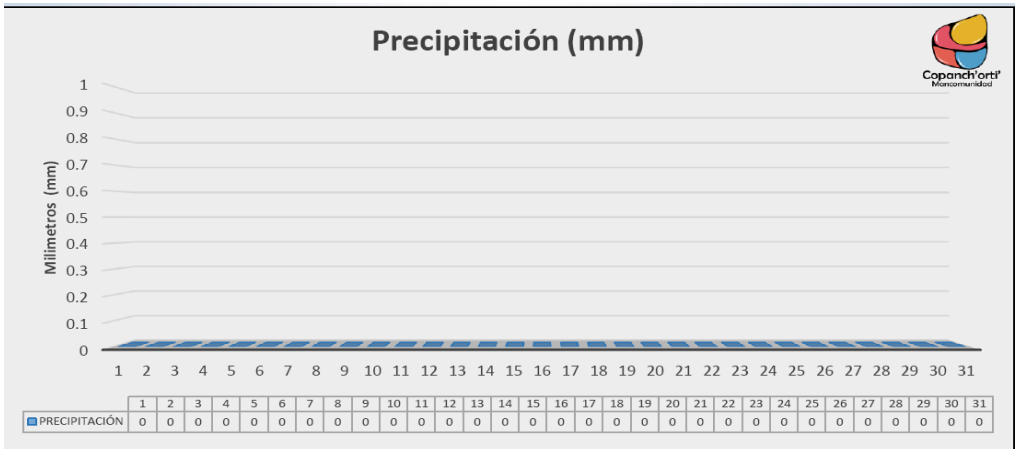


Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Dispersión para las variables número de plantas y peso de materia seca, en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

6.2 Interpretación de resultados en aldea Tatutú, Jocotán, 2015

6.2.1 Control de precipitación en aldea Tatutú, Jocotán, 2015

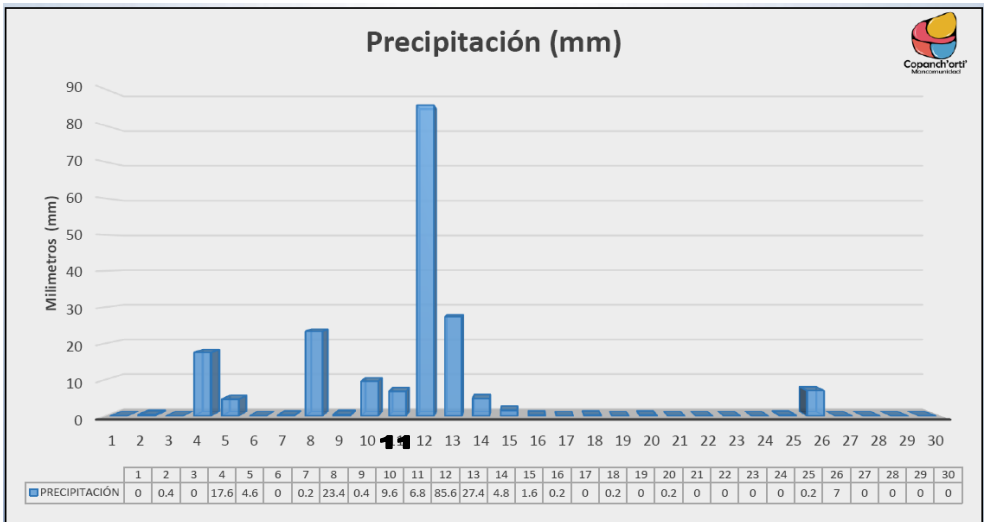


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PRECIPITACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: SIM – Mancomunidad Copán Chortí

Figura 14. Precipitación del mes de mayo, estación climática Tuticopote, Olopa, 2015.

Durante el mes de mayo no se presentaron precipitaciones en la aldea, sin embargo, se hizo el diseño de las parcelas para que estuvieran listas para el momento de la siembra.



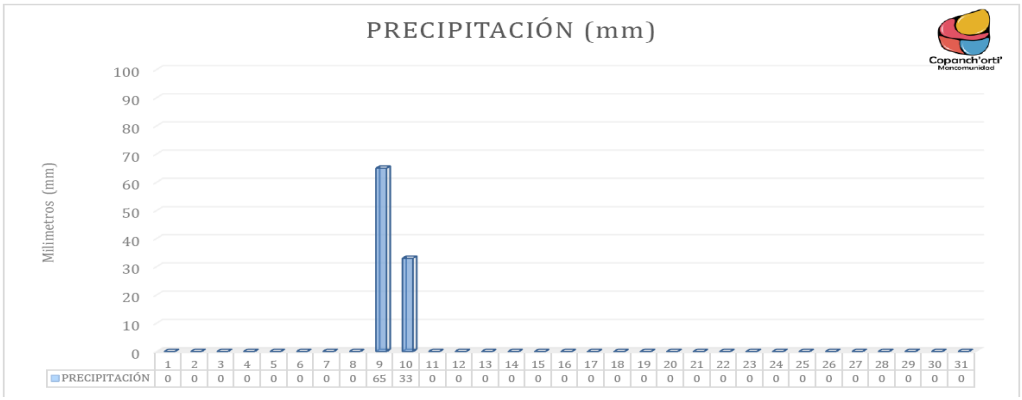
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PRECIPITACIÓN	0	0.4	0	17.6	4.6	0	0.2	23.4	0.4	9.6	6.8	85.6	27.4	4.8	1.6	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0	0	0	0.2	7	0	0	0	0

Fuente: SIM – Mancomunidad Copán Chortí

Figura 15. Precipitación del mes de junio, estación climática Tuticopote, Olopa, 2015.

Durante el mes de junio se presentó una precipitación acumulada de 189.4 mm de agua. Permitiendo realizar la siembra de maíz el día 11 de junio, el Hidrogel debido a la

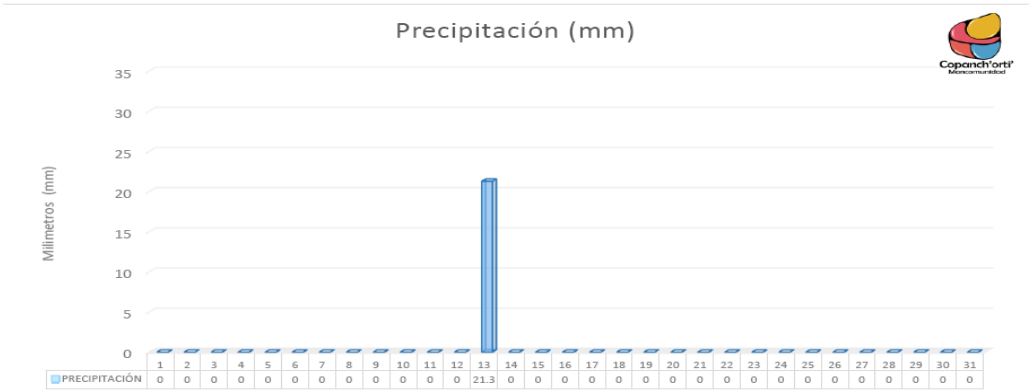
precipitación del mes, pudo volver a hidratarse y proporcionarle humedad a la planta, también se realizó la primera fertilización al cultivo el día 19 del mismo mes.



Fuente: SIM – Mancomunidad Copán Chortí

Figura 16. Precipitación del mes de julio, estación climática Tuticopote, Olopa, 2015.

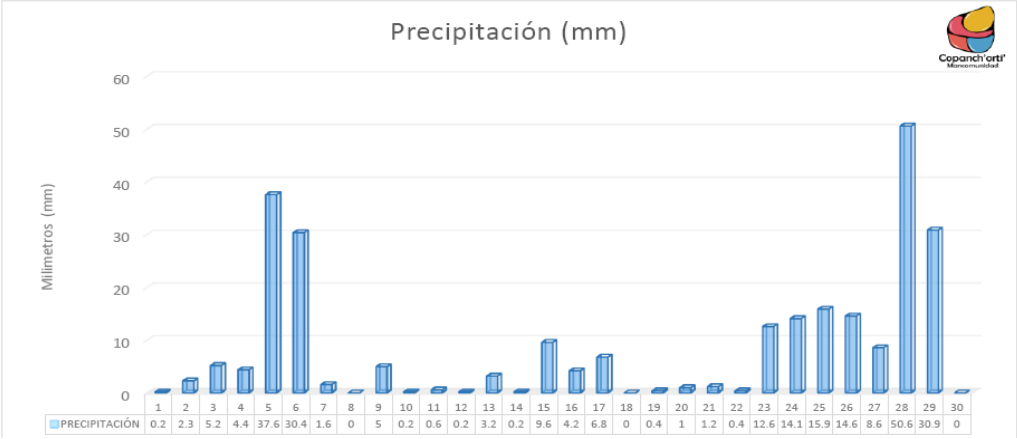
Durante el mes de julio se presentó una precipitación acumulada de 98 mm de agua, mostrando una reducción en la precipitación y una época muy irregular de lluvia, sin embargo, el Hidrogel muestra un comportamiento estable proporcionándole humedad a la planta. Se realizó la segunda fertilización al cultivo el día 12 de julio. Como se puede notar la distribución de la precipitación en el mes de julio fue mala, debido a que solo se presentó lluvia en dos días del mes, presentándose un periodo seco de 33 días, ya que la próxima lluvia se presentó hasta el día 13 de agosto, tal y como se muestra en la figura 17.



Fuente: SIM – Mancomunidad Copán Chortí

Figura 17. Precipitación del mes de agosto, estación climática Tuticopote, Olopa, 2015.

Durante el mes de agosto se presentó una precipitación acumulada de 21.3 mm de agua, con distribución de solo un día de lluvia en el mes; el maíz de la investigación se presentaba durante este mes en su fase de floración, continuó con su fase reproductiva de llenado de granos. La humedad se encontraba estable para que la planta realizara sus actividades fenológicas debido a la presencia del gel.



Fuente: SIM – Mancomunidad Copán Chortí

Figura 18. Precipitación del mes de septiembre, estación climática Tuticopote, Olopa, 2015.

Durante el mes de septiembre se presentó una mejor distribución de la precipitación, acumulándose 262 mm, presentando un periodo regular de lluvias, permitiendo a la planta terminar con sus actividades fenológicas de llenado de grano, hasta llegar a su madurez fisiológica para prepararse para su periodo de cosecha.

El maíz en esta localidad presenta un ciclo de 120 días, debido a las condiciones de clima y de sitio, ya que la aldea se localiza a 1,350 msnm; las precipitaciones del mes de septiembre favorecieron al cultivo para que el mismo pudiera terminar con sus fases fenológicas, hasta llegar a su cosecha.

6.2.2 Control de porcentaje de humedad de suelo en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

En la aldea de Tatutú se hicieron cuatro muestras de suelo para determinar la humedad, por medio del método de secado al horno, los resultados del porcentaje de humedad del suelo muestran durante los primeros tres meses (junio, julio y agosto) que se mantiene un rango entre 12 a 17 % de humedad; para el mes de septiembre muestra un incremento, estableciéndose un rango entre 22 a 27 %, debido a la precipitación de ese mes.

Para la interpretación de los análisis del Hidrogel es importante estimar un rango de tiempo uniforme después de una precipitación, para medir la humedad del suelo, por ejemplo si precipita el día de hoy se recomienda esperar al menos 10 días para tomar la muestra y conocer el efecto del gel.

Cuadro 11. Porcentaje de humedad de suelo en los meses de junio y julio, aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

	1ra muestra, bloque I (sin Hidrogel), ma-9-jun-2015				**2da muestra, bloque II (con Hidrogel), lu-13-jul-2015**			
Tratamientos	Peso caja de Al + suelo (gr)	Peso caja de Al + suelo (seco) (gr)	Peso del agua (gr)	% de humedad	Peso caja de Al + suelo (gr)	Peso caja de Al + suelo (seco) (gr)	Peso del agua (gr)	% de humedad
T0	22.38	20.85	1.53	15.3	22.6379	21.1660	1.47	14.67
A1	22.52	21.1313	1.3887	13.89	22.5381	20.9004	1.64	16.32
A2	22.36	21.9135	1.4465	14.46	22.5460	20.9630	1.58	15.79
A3	22.27	20.9391	1.3309	13.31	22.5026	20.8970	1.61	16.06
B1	22.33	20.74	1.59	15.9	22.5154	20.8073	1.71	17.09
B2	22.40	20.70	1.70	17	22.4192	20.6107	1.81	18.08
B3	22.45	21.04	1.41	14.1	22.4778	20.9863	1.49	14.85
C1	22.40	20.916	1.484	14.84	22.3933	20.6706	1.72	17.18
C2	22.27	20.66	1.61	16.1	22.5537	20.8977	1.66	16.54
C3	22.30	20.82	1.48	14.8	22.5621	21.0464	1.52	15.05

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 12. Porcentaje de humedad de suelo en los meses de agosto y septiembre, aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

	3ra muestra, bloque III (con Hidrogel), do-16-agost-2015				**4ta muestra, bloque I (con hidrogel), sáb-19-sept-2015**			
Tratamientos	Peso caja de Al + suelo (gr)	Peso caja de Al + suelo (seco) (gr)	Peso del agua (gr)	% de humedad	Peso caja de Al + suelo (gr)	Peso caja de Al + suelo (seco) (gr)	Peso del agua (gr)	% de humedad
T0	22.6695	21.4561	1.21	12.06	22.7703	20.3609	2.41	23.78
A1	22.4547	21.1333	1.32	13.17	22.4948	19.8046	2.69	26.76
A2	22.5768	21.3178	1.26	12.50	22.5358	20.1370	2.40	23.94
A3	22.4022	20.8840	1.52	15.14	22.4395	19.7687	2.67	26.61
B1	22.5116	21.3018	1.21	12.06	22.6035	20.0565	2.55	25.45
B2	22.4386	21.1676	1.27	12.63	22.2415	19.8440	2.40	23.89
B3	22.4429	21.2739	1.17	11.60	22.6849	19.9074	2.78	27.29
C1	22.5425	21.0605	1.48	14.77	22.5655	19.6407	2.92	29.10
C2	22.5138	21.3442	1.17	11.62	22.4264	20.1365	2.29	22.86
C3	22.5609	21.3483	1.21	12.02	22.6171	19.9484	2.67	26.51

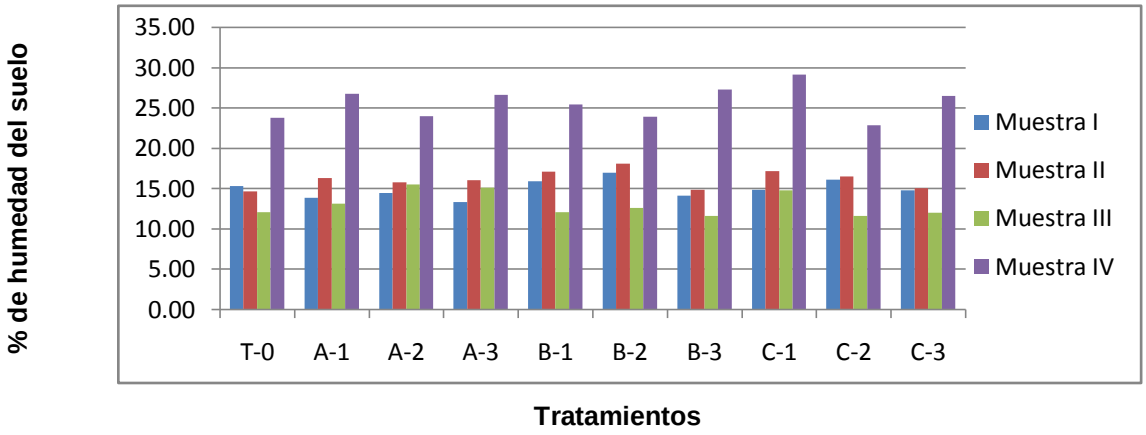
Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en los cuadros 11 y 12 la humedad del suelo antes de la aplicación de Hidrogel oscila en un rango de 14 a 16 %; haciendo un suelo apto para realizar la actividad de siembra, debido a que presenta buena humedad.

Al realizar la segunda muestra ya con el Hidrogel distribuido en el suelo, se demuestra que la humedad del suelo se mantiene estable sin descender y manteniéndose en el rango de 14 a 17 % de humedad, debido a las precipitaciones que se dieron en el mes anterior, demostrando un buen comportamiento del Hidrogel, ya que ha proporcionado humedad a las plantas y se ha podido hidratar nuevamente.

En la siguiente muestra el suelo presenta un descenso en el porcentaje de humedad a un rango de 12 a 15 %, debido a que la precipitación del mes de junio fue irregular, presentando periodos secos en la mayor parte del mes. Sin embargo, la humedad fue suficiente para que el gel se mantuviera activo proporcionándole humedad a la planta, en esta etapa la planta presentaba buena fisiología y continuaba con sus actividades fenológicas.

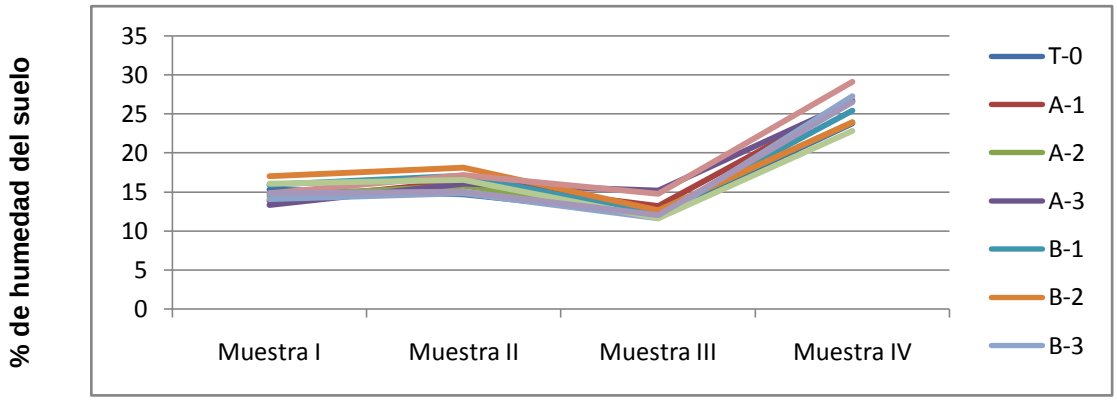
En la última muestra se aprecia un aumento en la humedad del suelo, debido a la presencia del Hidrogel y que la precipitación para esas fechas aumentó, permitiéndole a la planta llegar bien a sus fases fenológicas de la formación de mazorca y llenado de granos. El rango de humedad de estas muestras fue de 23 a 29 %. Se aprecia que los tratamientos sin Hidrogel muestran un menor porcentaje que el resto de tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Porcentajes de humedades de suelo en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Como se aprecia en la gráfica 19, hay un incremento en la humedad del suelo en la muestra IV, debido a que para ese mes las precipitaciones fueron más regulares, también se demuestra que el testigo presenta un porcentaje menor que los demás tratamientos. La figura 20 demuestra como la humedad del suelo se ha mantenido y elevándose en su última muestra a causa de que la precipitación aumentó en esas fechas, sin embargo debido al Hidrogel, el maíz pudo soportar los periodos secos, ya que al compararlos con los cultivos de maíz vecinos se notaba una diferencia en tamaño y morfología.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Humedad del suelo en cuatro épocas en el ciclo del cultivo en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

6.2.3 Control de alturas y diámetros en maíz en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

La toma de datos de alturas y diámetros de las plantas se realizó cuando el maíz presentaba 70 días después de la siembra. La medición de las alturas se realizó con un metro, midiendo desde la base de la planta a la parte de la espiga, el diámetro basal, se midió abajo del primer entrenudo de la planta.

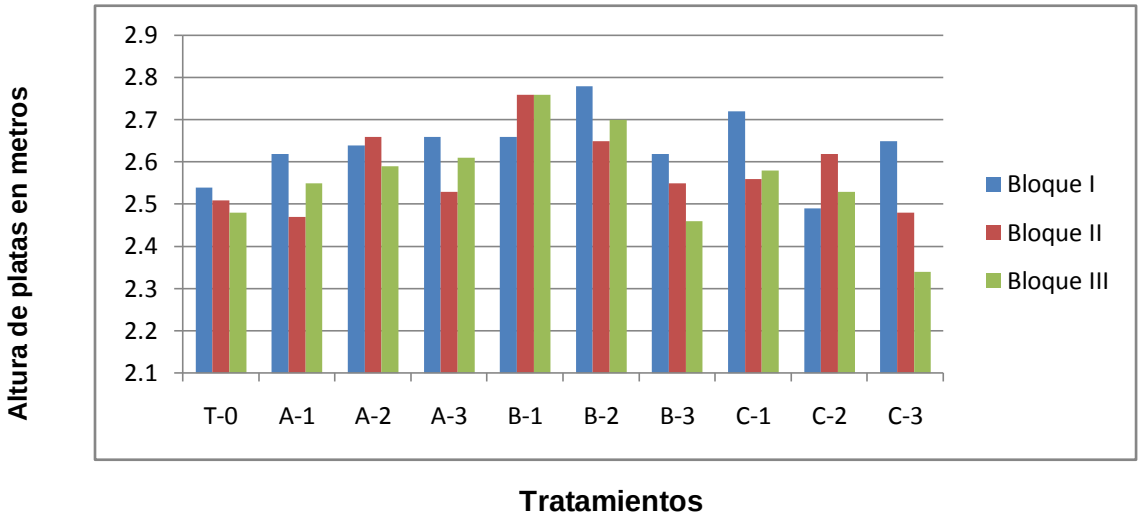
Se trazó un caminamiento de esquina a esquina y se realizó la medición de diez posturas, promediando el dato de dos plantas por postura, para luego sacar un promedio de diámetro y altura como corresponden, los resultados se presentan en el cuadro 13.

Cuadro 13. Promedio de alturas y diámetros en maíz en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Tratamientos	Bloque I		Bloque II		Bloque III	
	Altura (m)	Diámetro (cm)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Altura (m)	Diámetro (cm)
T0	2.54	2.58	2.51	2.20	2.48	2.35
A1	2.62	2.58	2.47	2.61	2.55	2.74
A2	2.64	2.51	2.66	2.35	2.59	2.71
A3	2.66	2.51	2.53	2.83	2.61	2.83
B1	2.66	2.64	2.76	2.58	2.76	2.67
B2	2.78	2.99	2.65	2.86	2.70	2.83
B3	2.62	2.32	2.55	2.29	2.46	2.61
C1	2.72	2.83	2.56	2.55	2.58	2.45
C2	2.49	2.29	2.62	2.48	2.53	2.58
C3	2.65	2.58	2.48	2.58	2.34	2.48

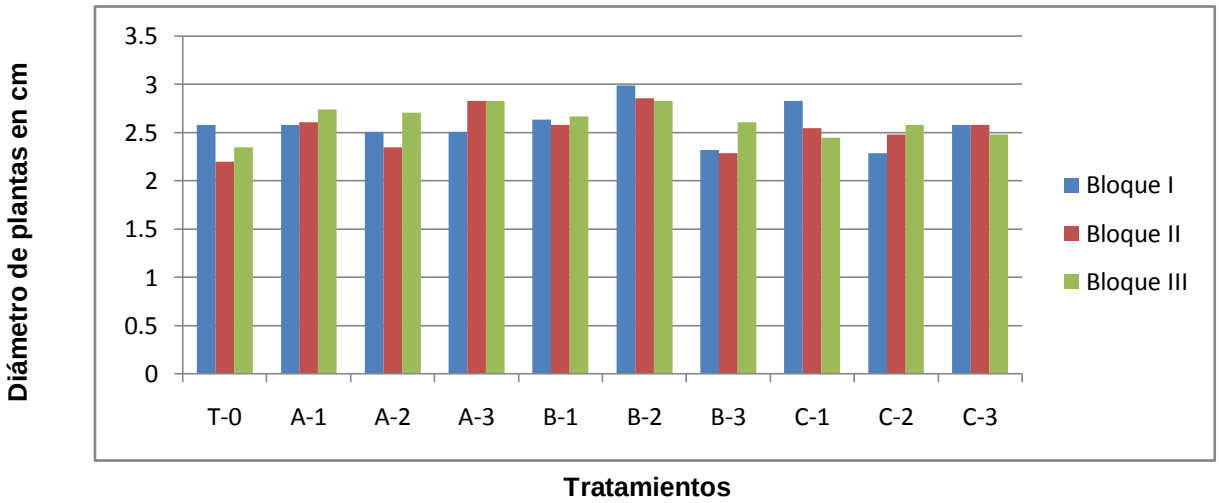
Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 13 muestra el promedio de altura y diámetro por tratamiento en cada bloque, pudiéndose notar que los tratamientos B-1 y B-2 tienen los mejores promedios, también se observa que el tratamiento sin gel tiene desventaja en altura y diámetro. Las gráficas 21 y 22 muestran el resultado de los promedio de altura y diámetro correspondientemente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Promedio de alturas por tratamiento en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Promedio de diámetros por tratamiento en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

6.2.4 Promedio de rendimientos en maíz en aldea Tatutú, Jocotán, 2015

Para trabajar el peso de los rendimientos se realizaron tres procedimientos, el primero fue el peso del elote con tuza, el segundo fue el peso del grano más olote y el último fue el peso del grano. Se pesó cada tratamiento por separado, para luego hacer un promedio por tratamiento al sumar sus tres repeticiones.

Se obtuvieron los resultados en Kg por un área de cada tratamiento que son 25 m^2, para luego procesar los datos y convertir el rendimiento en Kg/mz y Kg/ha de grano.

El cuadro 14 muestra el resultado del peso de rendimiento por cada tratamiento en cada bloque, haciendo los tres pesos antes mencionados. Todo esto es en una dimensión en Kg/25 m^2.

Cuadro 14. Promedio de rendimientos de maíz en Kg/25 m^2 en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Tratamientos	Bloque I (peso en kg/25m^2)			Bloque II (peso en kg/25m^2)			Bloque III (peso en kg/25m^2)		
	Con tuza	Sin tuza	Grano	Con tuza	Sin tuza	Grano	Con tuza	Sin tuza	Grano
T0	4.99	3.95	3.86	6.81	5.22	4.13	6.35	5.10	4.08
A1	3.52	2.95	2.27	8.17	6.35	5.10	9.44	7.71	6.01
A2	8.62	6.71	5.33	6.81	5.26	4.08	11.12	9.19	7.26
A3	5.53	5.10	3.63	4.1	3.29	2.59	6.69	5.22	4.08
B1	6.35	5.22	4.08	6.17	4.88	3.70	8.62	7.03	5.53
B2	5.89	5.22	3.72	7.49	5.9	4.63	7.83	6.58	5.44
B3	5.44	4.31	3.31	3.63	2.95	2.27	8.53	7.03	5.09
C1	6.12	4.65	3.63	5.22	4.08	3.27	8.28	6.80	5.33
C2	6.58	5.22	3.95	5.22	4.08	3.18	7.94	6.35	5.08
C3	5.22	3.63	2.86	5.67	4.63	3.45	6.89	5.49	4.29

Fuente: Elaboración propia.

Se procedió a obtener el promedio general de rendimiento por tratamiento, esto se hace sumando el peso de las tres repeticiones para obtener el peso promedio, que se presenta en el cuadro 15.

Cuadro 15. Peso promedio de maíz por cada tratamiento en Kg/25 m^2 en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Tratamiento	Peso con tuza	Peso sin tuza	Peso en grano
T0	6.04	4.75	4.02
A1	7.04	5.67	4.46
A2	8.85	7.05	5.56
A3	5.43	4.54	3.43
B1	7.05	5.71	4.44
B2	7.07	5.90	4.60
B3	5.87	4.76	3.56
C1	6.54	5.18	4.07
C2	6.58	5.22	4.07
C3	5.92	4.58	3.53

Fuente: Elaboración propia

El peso en grano por tratamiento permitió obtener el rendimiento de grano en Kg/Mz y Kg/Ha, para conocer el rendimiento final de la cosecha y el rendimiento por cada tratamiento.

Cuadro 16. Rendimiento de maíz en Kg/mz y Kg/ha en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Tratamiento	**Rendimiento de grano en kg/mz**	**qq/mz**	**Rendimiento de grano en kg/ha**	**qq/ha**
T0	1,126.72	24.83	1,609.50	35.47
A1	1,248.80	27.52	1,784.00	39.32
A2	1,556.80	34.31	2,224.00	49.00
A3	960.40	21.17	1,372.00	30.24
B1	1,243.20	27.40	1,776.14	39.15
B2	1,288.00	28.39	1,840.00	40.55
B3	996.80	21.97	1,424.00	31.39
C1	1,139.60	25.12	1,628.00	35.88
C2	1,139.60	25.12	1,628.00	35.88
C3	988.40	21.78	1,412.00	31.12

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 16 se observa que en relación al rendimiento en grano de maíz en la aldea Tatutú, expresado en kg/mz y Kg/ha, el tratamiento A2 tiene el rendimiento más alto, superando al tratamiento B2 que ocupa la segunda posición. Los tratamientos C3 y B3 presentan el rendimiento más bajo y el testigo ocupa el ante penúltimo lugar con un promedio de 35 quintales/hectárea.

6.2.5 Población de plantas de maíz para aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Se hizo el conteo respectivo de las plantas de maíz por cada parcela neta, en donde se midió la incidencia del Hidrogel al ser aplicado junto con el maíz para determinar si no causa efecto negativo a la hora de la germinación de las plantas.

Uno de los aspectos a tomar en cuenta fue la forma de aplicación del Hidrogel, ya que se hizo de tres formas distintas, en la misma postura que la semilla, a cinco centímetros de la postura y a los ocho días después de la siembra junto con la primera aplicación de fertilizante. El cuadro 17 muestra la cantidad de plantas existentes por cada parcela neta.

Cuadro 17. Conteo de plantas de maíz por cada parcela neta en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Tratamientos	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
T0	144	148	150	147.33
A1	150	149	155	151.33
A2	149	152	150	150.33
A3	140	142	138	140.00
B1	151	145	156	150.67
B2	146	145	148	146.33
B3	143	147	142	144.00
C1	147	144	141	144.00
C2	145	150	151	148.67
C3	142	147	145	144.67

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 17 muestra el promedio de plantas remanentes por tratamiento, mostrando que el tratamiento A1 tiene el promedio más alto con 151 plantas/25 m^2, el tratamiento con el menor promedio es el A3 con 140 plantas, debido a que el mismo son tres gramos de Hidrogel en la misma postura con la semilla, el exceso de humedad pudo haber provocado que la semilla no germinara bien. Para comprobar si es relevante la

aplicación de Hidrogel en la germinación de las plantas, se realizó el análisis de varianza para conocer si hay diferencias entre los niveles de los factores y en la interacción (cuadro 21).

6.2.6 Análisis estadístico de los resultados en aldea Tatutú, Jocotán, 2015

a) Análisis de altura de plantas

El análisis de varianza para la variable altura se muestra en el cuadro 18, donde existe diferencia significativa entre la interacción de los factores A y B (forma de aplicación*dosis de Hidrogel), por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa, argumentando que por lo menos uno de los tratamientos muestra mayor crecimiento en altura, siendo necesario realizar una prueba de medias para determinar cuál tratamiento se posiciona como el mejor. Ya que existe diferencia significativa para la interacción de los factores, no es necesario realizar una prueba de medias para los factores A y B de manera individual, siendo la interacción el factor que interesa.

Al realizar una prueba de medias LSD Fisher al 5% para la interacción de los factores AxB, muestra que la forma de aplicación B (a un costado de la postura) combinada con la dosis de 2 gramos de Hidrogel, se colocan como la mejor media y como el mejor tratamiento.

Se aprecia que los tratamientos con la dosis de 0 gramos, es decir sin Hidrogel, se colocan en las últimas posiciones, evidenciando que la aplicación del gel proporcionó un efecto positivo, brindándole humedad a la planta y ayudando en su desarrollo.

Por lo tanto, para la variable altura de planta se determina que la mejor forma de aplicación es la B, combinada con la dosis de 2 gramos de Hidrogel, por consiguiente el mejor tratamiento es el B2.

Cuadro 18. Análisis de Varianza para altura de planta en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
altura	36	0.72	0.56	2.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.26	13	0.02	4.42	0.0011
bloques	0.03	2	0.02	3.33	0.0544
forma de aplicación	0.05	2	0.02	5.26	0.0136
dosis de Hidrogel	0.11	3	0.04	7.98	0.0009
forma de aplicación*dosis ..	0.08	6	0.01	2.73	0.0390
Error	0.10	22	4.6E-03		
Total	0.37	35			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.11484									
Error: 0.0046 gl: 22									
forma de aplicación	dosis de Hidrogel	Medias	n	E.E.					
B	2	2.74	3	0.04	A				
B	1	2.73	3	0.04	A	B			
A	2	2.63	3	0.04	A	B	C		
C	1	2.62	3	0.04		B	C	D	
A	3	2.6	3	0.04			C	D	E
A	1	2.55	3	0.04			C	D	E
C	2	2.55	3	0.04			C	D	E
B	3	2.54	3	0.04			C	D	E
C	0	2.51	3	0.04				D	E
B	0	2.51	3	0.04				D	E
A	0	2.51	3	0.04				D	E
C	3	2.49	3	0.04					E

Fuente: Elaboración propia.

b) Análisis de diámetro basal de plantas

El diámetro basal de las plantas se tomó el mismo día que se midió la altura, tomando los promedios de los tratamientos en cada bloque se realizó el análisis de varianza, mostrando que hay diferencia significativa entre la interacción de los factores, aceptando la hipótesis alternativa, realizando la prueba LSD Fisher muestra que al igual para la altura, el tratamiento B2 se posiciona como el mejor.

Cuadro 19. Análisis de Varianza para diámetro basal de planta en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Diámetro	36	0.66	0.46	5.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.95	13	0.07	3.27	0.007
bloques	0.09	2	0.04	1.92	0.171
forma de aplicación	0.05	2	0.02	1.04	0.3687
dosis de Hidrogel	0.37	3	0.12	5.56	0.0054
forma de aplicación*dosis ..	0.44	6	0.07	3.32	0.0175
Error	0.49	22	0.02		
Total	1.44	35			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.25295								
Error: 0.0223 gl: 22								
forma de aplicación	dosis de Hidrogel	Medias	N	E.E.				
B	2	2.89	3	0.09	A			
A	3	2.72	3	0.09	A	B		
A	1	2.64	3	0.09	A	B	C	
B	1	2.63	3	0.09		B	C	
C	1	2.61	3	0.09		B	C	D
C	3	2.55	3	0.09		B	C	D
A	2	2.52	3	0.09		B	C	D
C	2	2.45	3	0.09			C	D
B	3	2.41	3	0.09			C	D
B	0	2.38	3	0.09				D
A	0	2.38	3	0.09				D
C	0	2.38	3	0.09				D

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra que los tratamientos sin Hidrogel muestran las medias más bajas, demostrando que la falta de precipitación afecto en del desarrollo botánico de la planta al resultar con promedios más bajos que los tratamientos con Hidrogel.

c) Análisis del rendimiento

El cuadro 20 indica en los resultados del ANDEVA que existe diferencia significativa en la interacción de los niveles de los factores A y B; es decir, forma de aplicación*dosis de Hidrogel. Por lo tanto es necesario realizar una prueba de medias para esta, ya que se acepta la hipótesis alternativa al decir que al menos uno de los tratamientos presenta mayor rendimiento de grano de maíz.

Al realizar la prueba de medias de LSD Fisher al 5 % para la interacción de los factores, se obtiene que la forma de aplicación A combinada con la dosis de Hidrogel de 2 gramos, es decir el tratamiento A2, se coloca como el mejor con la mayor media y con el mejor rendimiento de grano, el tratamiento B2 se coloca como el segundo mejor tratamiento al obtener el segundo mejor rendimiento.

Los tratamientos en los que se aplicaron la dosis de 3 gramos de Hidrogel, muestran las medias más bajas, demostrando que esta dosis no presentó un rendimiento apropiado, evidenciando que el exceso del gel provoca inconvenientes en el cultivo, reduciendo su rendimiento y elevando sus costos debido a la compra del Hidrogel.

Cuadro 20. Análisis de Varianza para rendimiento en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Rendimiento	36	0.66	0.46	18.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24.93	13	1.92	3.3	0.0067
bloque	13.94	2	6.97	12	0.0003
forma de aplicación	1.18	2	0.59	1.01	0.3801
dosis de Hidrogel	7.28	3	2.43	4.17	0.0175
forma de aplicación*dosis ..	2.54	6	0.42	0.73	0.6323
Error	12.78	22	0.58		
Total	37.71	35			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.29082						
Error: 0.5811 gl: 22						
forma de aplicación	dosis de Hidrogel	Medias	n	E.E.		
A	2	5.56	3	0.44	A	
B	2	4.6	3	0.44	A	B
A	1	4.46	3	0.44	A	B
B	1	4.44	3	0.44	A	B
C	1	4.08	3	0.44		B
C	2	4.07	3	0.44		B
C	0	4.02	3	0.44		B
A	0	4.02	3	0.44		B
B	0	4.02	3	0.44		B
B	3	3.56	3	0.44		B
C	3	3.53	3	0.44		B
A	3	3.43	3	0.44		B

Fuente: Elaboración propia.

Recopilando la información obtenida según los resultados de los análisis de varianza, se determinó que para la variable altura y diámetro basal de la planta, el mejor tratamiento fue el B2, obteniendo los mejores promedios, para la variable rendimiento el mejor tratamiento fue el A2, ya que obtuvo el mejor promedio en rendimiento.

d) análisis de población de plantas

Se contó el número de plantas remanentes en la cosecha en cada parcela neta, para determinar el efecto de la aplicación del gel en la germinación, para ello se realizó un análisis de varianza, en donde se evaluó el efecto de las formas de aplicación, dosis de Hidrogel y la interacción de ambos factores.

Como se muestra en el análisis de varianza, la interacción de los factores A y B (forma de aplicación*dosis de Hidrogel) tiene diferencia significativa, lo que requiere una comparación de medias, utilizando LSD Fisher al 5 %, se obtiene que la forma de aplicación A combinada con la dosis de 1 gramo de Hidrogel, es decir el tratamiento A1, obtiene la mejor media de población de plantas, seguido por el tratamiento B1, demostrando que 1 gramo de Hidrogel presenta mejores resultados a la hora de la germinación del maíz.

Los tratamientos donde se aplicaron dosis de 3 gramos de Hidrogel se ubican en los últimos lugares, por lo tanto es evidente que el exceso de Hidrogel provoca efectos negativos en la germinación de la semilla.

El cuadro 21, muestra los resultados del análisis de varianza para población de plantas, indicando la respectiva prueba de medias de LSD de Fisher al 5 % para la interacción de los factores. Se denota que para el factor B (dosis de Hidrogel), existe diferencia significativa, pero debido a que existe diferencia en la interacción de los factores, no es necesario hacer una prueba de medias de manera individual para el factor B, ya que es la interacción de los factores el dato que interesa.

Cuadro 21. Análisis de Varianza para población de plantas en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
población	36	0.69	0.51	1.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	398.17	13	30.63	3.77	0.003
bloque	41.17	2	20.58	2.53	0.1024
forma de aplicación	8.17	2	4.08	0.5	0.6119
dosis de Hidrogel	195.89	3	65.3	8.03	0.0008
forma de aplicación*dosis ..	152.94	6	25.49	3.14	0.0224
Error	178.83	22	8.13		
Total	577	35			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.82780								
Error: 8.1288 gl: 22								
forma de aplicación	dosis de Hidrogel	Medias	n	E.E.				
A	1	151.33	3	1.65	A			
B	1	150.67	3	1.65	A	B		
A	2	150.33	3	1.65	A	B		
C	2	148.67	3	1.65	A	B	C	
C	0	147.33	3	1.65	A	B	C	
A	0	147.33	3	1.65	A	B	C	
B	0	147.33	3	1.65	A	B	C	
B	2	146.33	3	1.65		B	C	
C	3	144.67	3	1.65			C	D
C	1	144	3	1.65			C	D
B	3	144	3	1.65			C	D
A	3	140	3	1.65				D

Fuente: Elaboración propia.

e) Análisis de covarianza entre número de plantas y rendimiento de grano

Se contaron las plantas existentes por parcela, para luego relacionarlas con el rendimiento de grano, teniendo los resultados que se presentan en el cuadro 22.

Cuadro 22. Conteo de plantas y rendimiento en grano por tratamiento, en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Tratamientos	Bloque I		Bloque II		Bloque III	
	Número de plantas	Rendimiento en kg/25m^2	Número de plantas	Rendimiento en kg/25m^2	Número de plantas	Rendimiento en kg/25m^2
T0	144	3.86	148	4.13	150	4.08
A1	150	2.27	149	5.10	155	6.01
A2	149	5.33	152	4.08	150	7.26
A3	140	3.63	142	2.59	138	4.08
B1	151	4.08	145	3.70	156	5.53
B2	146	3.72	145	4.63	148	5.44
B3	143	3.31	147	2.27	142	5.09
C1	147	3.63	144	3.27	141	5.33
C2	145	3.95	150	3.18	151	5.08
C3	142	2.86	147	3.45	145	4.29

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos del cuadro 22, se realizó el análisis de covarianza entre estas dos variables, para determinar si existe relación entre ellas.

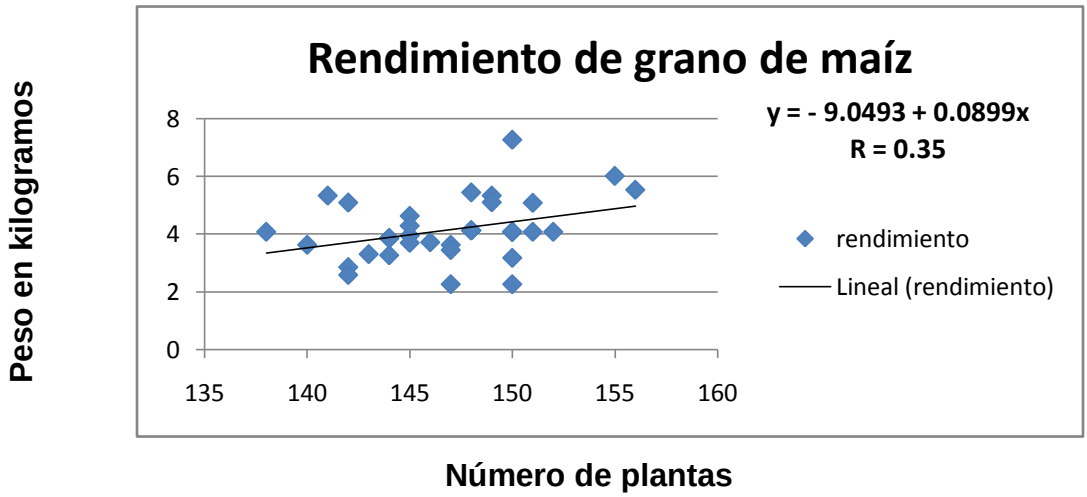
Cuadro 23. Análisis de covarianza entre las variables número de plantas y rendimiento de grano, en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Dependent Variable: PESO					
Source	**DF**	**Sum of Squares**	**Mean Square**	**F Value**	**Pr > F**
Mod	**1**	**4.66200732**	**4.66200732**	**4.80**	**0.0355**
Error	**34**	**33.05246768**	**0.97213140**		
Corrected Total	**35**	**37.71447500**			
R-Square	**Coeff Var**	**Root MSE**	**PESO Mean**	**R**	
0.123613	**23.76302**	**0.985967**	**4.149167**	**0.35**	
Parameter	**Estimate**	**Standard Error**	**t Value**	**Pr > |t|**	
Intercept	**-9.049292317**	**6.02921270**	**-1.50**	**0.1426**	
PLANTAS	**0.089887348**	**0.04104635**	**2.19**	**0.0355**	

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados del cuadro 23, se tiene un coeficiente de correlación de 0.35, determinando que la relación que existe entre el número de plantas y el rendimiento en grano de maíz es baja, ya que se acerca a 0; es decir, a una correlación nula, demostrando según el coeficiente de estimación que solo el 12 % de los datos muestran asociación; obteniendo para la gráfica de regresión el siguiente modelo:

$$y = - 9.049292317 + 0.089887348 (x)$$



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Dispersión para las variables número de plantas y rendimiento de grano de maíz, en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Como se muestra en la figura 23, según el coeficiente de estimación solo el 12 % de los datos estudiados muestran una relación entre las dos variables, de cantidad de plantas y rendimiento de grano, especificando que el resto se aleja de la tendencia lineal.

6.2.6 Costos de producción para maíz en aldea Tatutú, Jocotán, 2015

El enfoque del estudio se basó en la Seguridad Alimentaria de las personas del área en estudio, debido a las sequías que se han presentado las personas han tenido pérdidas en sus cultivos, es por eso que se implementó el Hidrogel como una búsqueda a la solución de estos problemas.

El costo de adquirir Hidrogel para el productor se considera elevado, en particular para un cultivo de maíz en donde se conoce que no es atractivo económicamente; sin embargo, es el alimento principal de las personas de la región, por lo cual deben asegurar la producción de grano. El análisis del Hidrogel se debe proyectar al menos un mínimo de diez años, debido a que esa es la cantidad de tiempo que el producto permanece en el terreno, dando beneficios en el suelo como mejorar aspectos físicos y retener humedad.

En el cuadro 24 se presenta los resultados de las relaciones Beneficio/Costo para producir una hectárea de maíz, con las diferentes formas y dosis de aplicación de Hidrogel, proyectándolo a un periodo de diez años. Los costos e ingresos se manejaron en un valor presente, donde fueron llevados a su valor actualizado para cada año según corresponda, tomando en cuenta un interés anual de 14 %. El precio de venta de cada quintal de maíz se estipuló en Q. 125.00

En los anexos se presentan los costos de producción por tratamiento, así mismo la utilidad y su relación Beneficio/Costo.

Cuadro 24. Resultados de la relación Beneficio/Costo por tratamiento en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Tratamientos	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
A1	0.58	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
A2	0.47	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
A3	0.22	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
B1	0.57	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
B2	0.39	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
B3	0.23	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
C1	0.52	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
C2	0.34	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
C3	0.22	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
T0	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra que el tratamiento con la mejor relación Beneficio/Costo fue el A2, con una relación de 1.49, es decir por cada quetzal invertido, se recupera y se obtiene un extra de 49 centavos; el segundo mejor tratamiento fue el B2, obteniendo 1.23, seguido por los tratamientos A1 y B1, que obtuvieron 1.19. Se observa que los tratamientos que se combinan con la dosis de 3 gramos de Hidrogel, presentan las relaciones más bajas, por lo tanto es evidente que aplicar 3 gramos de Hidrogel provoca un gasto innecesario y además un rendimiento menor.

Durante el primer año se muestra una relación Beneficio/Costo que es no es atractiva para el agricultor, esto debido a la inversión del Hidrogel; para los siguientes años se aprecia que la relación va mejorando, dejando beneficios al agricultor.

Según datos mencionados el rendimiento promedio de maíz en la región es de 1.4 ton/ha (OXFAM, 2013), los rendimientos de la investigación superan estos datos, mostrando así una alternativa para elevar la producción del grano en la región. Bajo otras situaciones, el rendimiento promedio no es suficiente para cubrir con los costos de producción, de allí es que se considera que la cosecha de maíz sea para la misma subsistencia de las familias campesinas.

El mejor tratamiento en la investigación fue el A2 (2 gramos de Hidrogel en la misma postura), con un rendimiento promedio de 49 qq/ha, equivalentes a 2.45 ton/ha, obtiene una relación B/C de 1.49, tal y como se muestra en el cuadro 24, ubicándose como la mejor opción para el agricultor. La utilidad en el primer año es negativa debido al costo del gel, pero se recupera en las cosechas posteriores; además, queda el beneficio del Hidrogel en el terreno.

El tratamiento B2 (dos gramos de Hidrogel a un costado de la postura de la semilla), obtiene el segundo lugar con una relación B/C de 1.23, al obtener un rendimiento promedio de 40.55 qq/ha.

Los tratamientos que se aplicaron 3 gramos de Hidrogel (A3, B3, C3) se posicionan en los últimos lugares, debido a que el costo de inversión es alto y el rendimiento promedio obtenido no es suficiente para retribuir los gastos, resultando una utilidad negativa y una relación B/C por debajo de 1, lo cual significa que la inversión no se pudo recuperar en el periodo establecido.

El testigo obtuvo un rendimiento de 35.47 qq/ha, con una relación B/C de 1.10, demostrando que los ingresos recaudados son similares con los costos, determinando así que no es atractivamente económico para el agricultor.

7. CONCLUSIONES

- El principal problema que se presenta en la región del corredor seco de Chiquimula es la falta de precipitación para abastecer a los cultivos, ya que se presentan periodos secos que llegan hasta 30 días, como ocurrió en la época de cosecha de mayo a octubre del año 2015, provocando pérdidas en el cultivo de maíz y comprometiendo la seguridad alimentaria de las familias de la región.

- La limitada precipitación y la mala distribución no permitió producir maíz en la aldea Guaraquiche; sin embargo, se obtuvo el peso de materia seca de las pequeñas plantas que sobrevivieron. El tratamiento testigo presentó el mejor promedio con 2.71 kg/25m^2, los demás tratamientos tuvieron un peso menor, debido al efecto negativo del Hidrogel en estas condiciones climáticas, pues actuó como competencia por agua con las plantas.

  .

- Para las variables altura y diámetro basal de plantas, en la aldea Tatutú el mejor tratamiento fue el B2, o sea aplicar 2 gramos de Hidrogel a 5 cm de la postura de la semilla, pues se obtuvo el mejor promedio para ambas variables con 2.74 m para altura y 2.89 cm para diámetro respectivamente.

- En aldea Tatutú se observó que el mejor tratamiento fue el A2, o sea aplicar 2 gr de Hidrogel en la misma postura, pues presentó mayor rendimiento de grano con un promedio de 49 qq/ha, equivalentes a 2,224 kg/ha. El tratamiento B2 presentó un rendimiento promedio de 40.55 qq/ha, equivalentes a 1,840 kg/ha. Los tratamientos con las mayores dosis de Hidrogel promediaron incluso más bajo que el testigo, evidenciando que el exceso de humedad en la siembra provoca inconvenientes en la germinación y rendimiento.

- El uso de Hidrogel representa un costo para el productor durante el primer año de cosecha, pues se presentó una utilidad negativa; considerando que los efectos del Hidrogel se presentan durante 10 años, el tratamiento que mostró mejor relación B/C fue el A2 con 1.49, seguido del tratamiento B2 con una relación B/C de 1.23, ambos son rentables a partir del segundo año de cosecha, por lo que estos tratamientos representan una buena opción para el agricultor.

- En general el mejor tratamiento fue el A2, ya que presentó mayor promedió en rendimiento y mejor relación B/C, con 49 qq/ha y 1.49, respectivamente.

8. RECOMENDACIONES

- La aplicación de Hidrogel en lugares muy secos no es recomendable, ya que presenta un efecto negativo al competir por humedad con el cultivo, debido a las características del gel que absorbe humedad para hidratarse.

- La mejor dosis de Hidrogel para el cultivo de maíz en las condiciones edafoclimáticas de Tatutú, Jocotán, es la de 2 gramos aplicados simultáneamente en la postura de las semillas, porque garantiza que el suelo disponga de humedad para la planta.

- El Hidrogel utilizado en la investigación se hidrató con un volumen de agua de 110 ml/gramo, aspecto que se recomienda si se dispone con agua en el campo de cultivo, para asegurar que el Hidrogel cumpla su función principal. Es importante evaluar este producto aplicándolo sin hidratar, para minimizar los costos de producción.

- En áreas de cultivo con limitaciones de precipitación, se puede usar 2 gramos de Hidrogel en la postura de la semilla, aplicando agua con frecuencia, ya sea a través de sistema de riego o en áreas pequeñas con bomba de mochila que dosifique aproximadamente 200 ml/postura.

9. BIBIOGRAFÍAS

1. Acción contra el hambre, GT. s.f. Informe del diagnóstico de vulnerabilidad ante los desastres: aldea Tatutú, región rural Charmá, municipio de Jocotán, departamento de Chiquimula. Jocotan, Chiquimula, GT, Unidad Técnica Municipal no.4. 4 p.

2. Chiquimulaonline.com. 2012. Sequía golpea a Chiquimula (en línea). Chiquimula, GT. Disponible en http://www.chiquimulaonline.com/2012/09/sequia-golpea-a-chiquimula/

3. Cruz S, JR De La. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge. Guatemala, INAFOR. 24 p.

4. Distribuidora y Comercializadora Tornado, MX. 2012. Usos de Hidrogel (en línea). México. Consultado 22 feb. 2016. Disponible en http://hidrogelmex.com/usos_de_hidrogel.html

5. Emisoras Unidas, GT. 2014. Problema de sequía se puede comparar a un terremoto (en línea). Guatemala, Grupo Emisoras Unidas. Consultado 4 mar. 2015. Disponible en http://noticias.emisorasunidas.com/noticias/primera-hora/problema-sequia-se-puede-comparar-terremoto

6. _____. 2012. Según estudio Guatemala perdió 50 por ciento de cosecha de maíz y frijol por sequía en 2012 (en línea). Guatemala, Grupo Emisoras Unidas. Consultado 4 mar. 2015. Disponible en http://noticias.emisorasunidas.com/noticias/nacionales/segun-estudio-guatemala-perdio-50-ciento-cosecha-maiz-frijol-sequia-2012

7. Fuentes López, MR. 2002. El cultivo del maíz en Guatemala: una guía para su manejo agronómico (en línea). Guatemala, ICTA. 45 p. Consultado 4 mar. 2015. Disponible en http://www.icta.gob.gt/maiz/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf

8. _____; Etten, J, Van; Ortega Aparicio, A; Vivero Pol, J. 2005. Maíz para Guatemala propuesta para la reactivación de la cadena agroalimentaria de maíz blanco y amarillo (en línea). Guatemala, FAO. Consultado 4 mar. 2015. Disponible en http://es.slideshare.net/romerokarla89/maiz-para-guatemala

9. Hidrogel.es. s.f. Hidrogel para plantas (en línea). España. Consultado 22 feb. 2016. Disponible en http://hidrogel.es/

10. _____. s.f. ¿Qué es Hydrogel? (en línea). España. Consultado 22 feb. 2016. Disponible en http://hidrogel.es/que-es-hydrogel

11. OXFAM, GB. 2013. Impacto de la pérdida de cultivos de granos básicos en la seguridad alimentaria de pequeños productores y productoras del corredor seco de Guatemala (en línea). Guatemala. 12 p. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en www.albedrio.org/htm/documentos/OXFAMEvaluaciónRápidaCorredorSecoGuatemala2013.pdf

12. PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo GT). 2011. Cifras para el desarrollo humano Chiquimula (en línea). Guatemala, PNUD. 12 p. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en http://desarrollohumano.org.gt/sites/default/files/20%20Fasciculo%20Chiquimula.pdf

13. Rojas de Gascue, B; Ramírez, M; Aguilera, R; Prin, JL; Torres,C. 2006. Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. Revista Iberoamericana de Polímeros 7(3): 199-200. Consultado 12 may. 2015. Disponible en www.ehu.eus/reviberpol/pdf/AGO06/gascue.pdf

14. Sazo Quel, JG. 2005. Experiencias en la introducción de huertos hidropónicos, como una alternativa de seguridad alimentaria en las comunidades de: Matazano y

Guaraquiche, municipio de Jocotán, del departamento de Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 94 p. Consultado 8 may. 2015. Disponible en www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2183.pdf

15. SEGEPLAN (Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia, GT). 2010. Plan de desarrollo Jocotán, Chiquimula 2011-2015 (en línea). Guatemala. Consultado 8 may. 2015. Disponible en www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2&view=item&tasl

16. _____. 2009. Índice de pobreza general y extrema por municipio (en línea). Guatemala. 4 p. Consultado 9 may. 2015. Disponible en http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_remository&Itemid=274&func=fileinfo&id=103

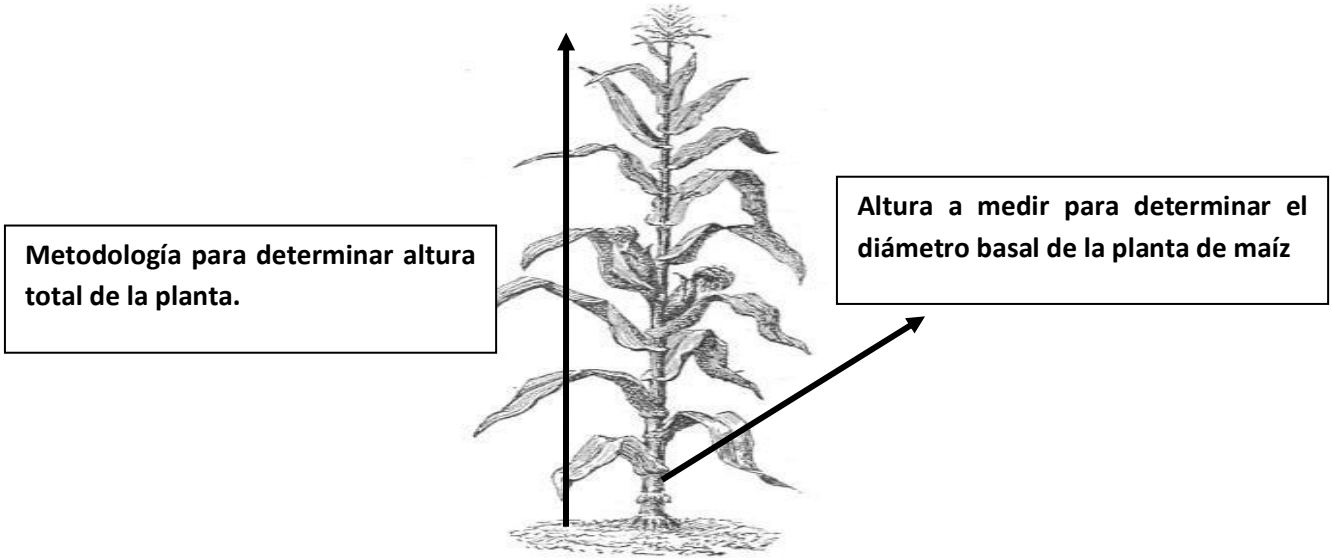
17. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra. p 367-391.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CHIQUIMULA
BIBLIOTECA

10. ANEXOS

1. pruebas de hidratación del Hidrogel en laboratorio a razón de 110ml de agua/gramo de gel.

2. Metodología para medir altura y diámetro basal de las plantas.



3. Cálculo de dosis de fertilización por postura.

1ra. Aplicación	N	P	K	S	Lb/750m^2
Triple 15 (15-15-15)	5.14	5.14	5.14	0	34.27
Urea (46-0-0)	6.88	0	0	0	14.96
Sulfato de amonio (21-0-0-24)	0.84	0	0	0.96	4
Muriato de potasio (0-0-60)	0	0	0	0	0
Total	12.86	5.14	5.14	0.96	53.23
	40%	80%	24%	30%	

Dosis por postura = 53.23 lb x 454 gr = 24,166.42 gr / 2,500 posturas = **9.67 gr/postura**

2da. Aplicación	N	P	K	S	Lb/750m^2
Triple 15 (15-15-15)	1.3	1.3	1.3	0	8.67
Urea (46-0-0)	9.59	0	0	0	20.85
Sulfato de amonio (21-0-0-24)	1.97	0	0	2.25	9.38
Muriato de potasio (0-0-60)	0	0	4.27	0	7.12
Total	12.86	1.3	5.57	2.25	46.02
	40%	20%	26%	70%	

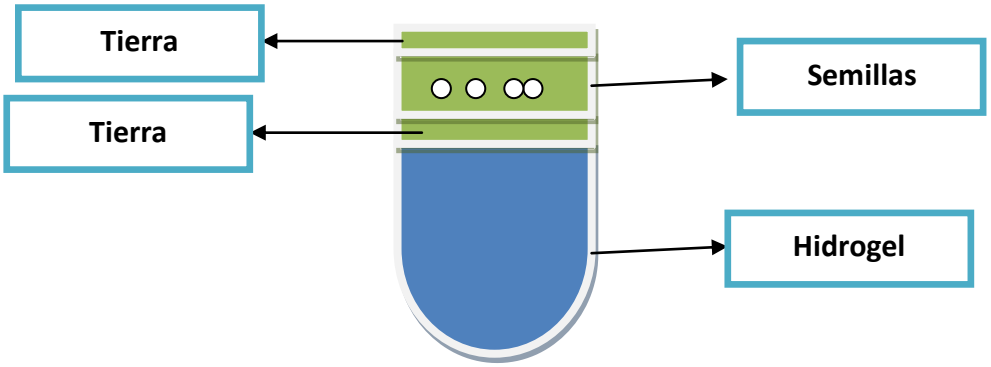
Dosis por postura = 46.02 lb x 454 gr = 20,893.08 gr / 2,500 posturas = **8.36 gr/postura**

3ra. Aplicación	N	P	K	S	Lb/750m^2
Triple 15 (15-15-15)	0	0	0	0	0
Urea (46-0-0)	6.46	0	0	0	14
Sulfato de amonio (21-0-0-24)	0	0	0	0	0
Muriato de potasio (0-0-60)	0	0	10.72	0	17.87
Total	6.46	0	10.72	0	31.87
	20%	0	50%	0	

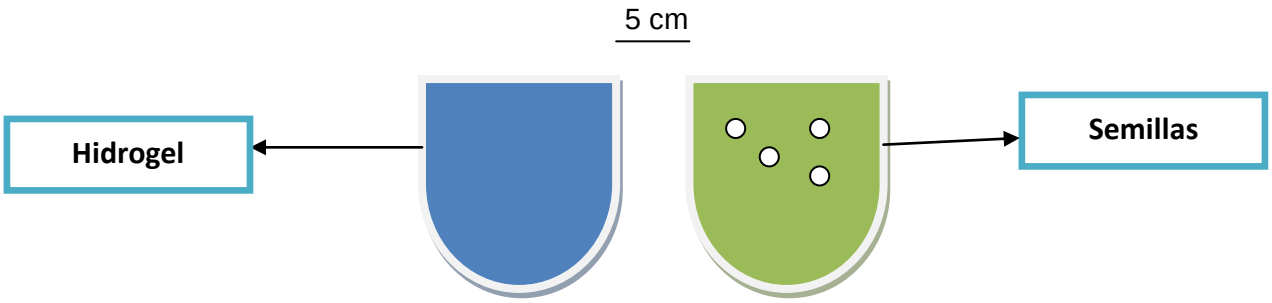
Dosis por postura = 31.87 lb x 454 gr = 14,468.98 gr / 2,500 posturas = **5.79 gr/postura**

4. Formas de aplicación del Hidrogel en la investigación

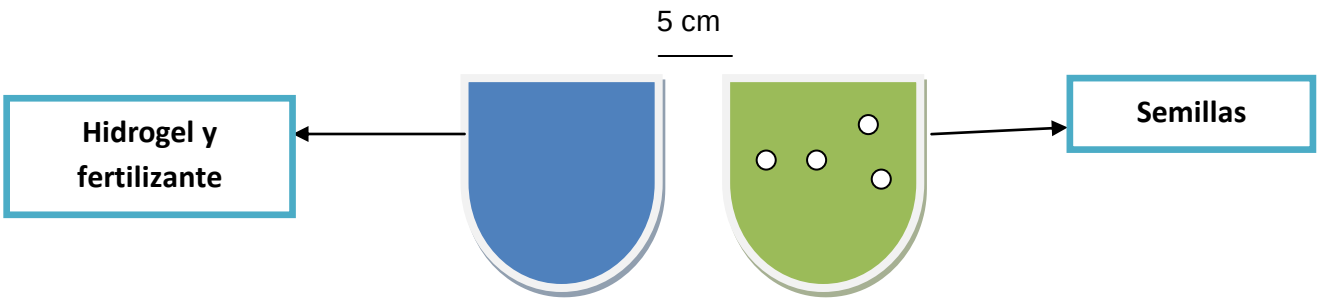
- Forma A (en la postura de siembra)



- Forma de aplicación B (a 5 cm de la postura al momento de la siembra)



- Forma de aplicación C (a 5cm de la postura a los 8 días después de la siembra con la primera fertilización)



5. Análisis de suelo en aldea Guaraquiche, Jocotán.

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424876

Nombre Propiertario:	José Perez	No. Muestra:	03
Nombre de Finca:		Fecha:	22/09/2015
Localización:	Guaraquiche, Jocotán	Teléfono:	54826213
Identif. de la muestra:	Parcela		
Cultivo:	Maíz		

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Arcillosa**

% Arcilla	40.60%
% Limo	21.10%
% Arena	38.30%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	3.32	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES			RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
					Bajo	Adecuado	Alto
pH		Unidades	6.35	5.5 - 7.5			
Nitrogeno	N	ppm		-			
Fósforo	P	ppm	88.22	20 - 40			
Potasio	K	ppm	376.00	125 - 200			
Calcio	Ca	meq/100 grs	7.35	3 - 6			
Magnesio	Mg	meq/100 grs	2.42	1.5 - 2			
Hierro	Fe	ppm	31.50	30 - 50			
Cobre	Cu	ppm	2.80	2 - 3.5			
Manganeso	Mn	ppm	36.90	30-50			
Zinc	Zn	ppm	3.00	3 - 6			

RECOMENDACIONES POR MANZANA

Maíz

138 libras de nitrogeno

Coordinador de Laboratorio de Suelos -CUNORI-

Los resultados de este informe son validos para la muestra como fue recibida en el laboratorio.

6. Análisis de suelo aldea Tatutú, Jocotán.

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424878

Nombre Propiertario:	Seferino Pérez	No. Muestra:	01
Nombre de Finca:		Fecha:	11/11/2015
Localización:	Aldea Tatutu, Jocotán	Teléfono:	
Identif. de la muestra:	Sector 2		
Cultivo:	Maiz		

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Franco arcillosa**

% Arcilla	39.25%
% Limo	31.65%
% Arena	29.10%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	2.94	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES			RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
					Bajo	Adecuado	Alto
pH		Unidades	7.30	5.5 - 7.5			
Nitrogeno	N	ppm		-			
Fósforo	P	ppm	32.32	20 - 40			
Potasio	K	ppm	217.77	125 - 200			
Calcio	Ca	meq/100 gm	6.40	3 - 6			
Magnesio	Mg	meq/100 gm	1.29	1.5 - 2			
Hierro	Fe	ppm	34.00	30 - 50			
Cobre	Cu	ppm	2.75	2 - 3.5			
Manganeso	Mn	ppm	28.00	30-50			
Zinc	Zn	ppm	2.50	3 - 6			

RECOMENDACIONES POR MANZANA
Maiz
138 libras de nitrogeno
40 libras de fosforo

Coordinador de Laboratorio de Suelos CUNORI

Los resultados de este informe son validos para la muestra como fue recibida en el laboratorio.

7. Manejo de la investigación en aldea Tatutú, Jocotán, 2015

Aplicación del gel en el campo

Maíz 10 días después de la siembra

Fertilización de maíz

Maíz 22 días después de la siembra

Medición de diámetro basal de planta

Medición de altura de la planta

Dobla de maíz

Cosecha de maíz

Recolección por tratamiento

Peso por tratamiento con tuza

Peso por tratamiento sin tuza

Peso por tratamiento en grano

8. Efectos negativos de la sequía en aldea Guaraquiche, Jocotán, 2015.

9. Costo de producción en Quetzales para 1ha de maíz, con 1 gramo de Hidrogel con la forma de aplicación A en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Costos	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Arrendamiento	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Insumos										
- Semilla	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
- Fertilizantes	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
- Pesticidas	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
- Hidrogel	4,333									
Mano de Obra										
- Preparación de terreno	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
- Siembra	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
- Limpias	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Fertilización	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Dobla de maíz	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Cosecha	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total Costos	8,453	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120
C. Actualizado	8,453	4,696.80	5,273.60	5,850.40	6,427.20	7,004	7,580.80	8,157.60	8,734.40	9,311.20
Ingresos										
39.32 qq $\bar{x}$	4,915	4,915	4,915	4,915	4,915	4,915	4,915	4,915	4,915	4,915
I. Actualizado	4,915	5,603.10	6,291.20	6,979.30	7,667.40	8,355.50	9,043.60	9,731.70	10,419.80	11,107.90
Utilidad	-3,538	906.30	1,017.60	1,128.90	1,240.20	1,351.50	1,462.80	1,574.10	1,685.40	1,796.70
Relación B/C	0.58	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19

Fuente: Elaboración propia.

10. Costo de producción en Quetzales para 1ha de maíz, con 2 gramos de Hidrogel con la forma de aplicación A en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Costos	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Arrendamiento	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Insumos										
- Semilla	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
- Fertilizantes	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
- Pesticidas	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
- Hidrogel	8,666									
Mano de Obra										
- Preparación de terreno	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
- Siembra	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
- Limpias	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Fertilización	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Dobla de maíz	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Cosecha	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total Costos	12,786	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120
C. Actualizado	12,786	4,696.80	5,273.60	5,850.40	6,427.20	7,004	7,580.80	8,157.60	8,734.40	9,311.20
Ingresos										
49 qq $\bar{x}$	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125
I. Actualizado	6,125	6,982.50	7,840	8,697.50	9,555	10,412.50	11,270	12,127.50	12,985	13,842.50
Utilidad	-6,661	2,285.70	2,566.40	2,847.10	3,127.80	3,408.50	3,689.20	3,969.90	4,250.60	4,531.30
Relación B/C	0.47	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49

Fuente: Elaboración propia

11. Costo de producción en Quetzales para 1ha de maíz, con 3 gramos de Hidrogel con la forma de aplicación A en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Costos	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Arrendamiento	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Insumos										
- Semilla	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
- Fertilizantes	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
- Pesticidas	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
- Hidrogel	13,000									
Mano de Obra										
- Preparación de terreno	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
- Siembra	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
- Limpias	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Fertilización	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Dobla de maíz	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Cosecha	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total Costos	17,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120
C. Actualizado	17,120	4,696.80	5,273.60	5,850.40	6,427.20	7,004	7,580.80	8,157.60	8,734.40	9,311.20
Ingresos										
30.24 qq $\bar{x}$	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780
I. Actualizado	3,780	4,309.20	4,838.40	5,367.60	5,896.80	6,426	6,955.20	7,484.40	8,013.60	8,542.80
Utilidad	-13,340	-387.60	-435.20	-482.80	-530.40	-578	-625.60	-673.20	-720.80	-768.40
Relación B/C	0.22	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92

Fuente: Elaboración propia.

12. Costo de producción en Quetzales para 1ha de maíz, con 1 gramos de Hidrogel con la forma de aplicación B en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Costos	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Arrendamiento	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Insumos										
- Semilla	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
- Fertilizantes	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
- Pesticidas	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
- Hidrogel	4,333									
Mano de Obra										
- Preparación de terreno	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
- Siembra	500	400	400	400	400	400	400	400	400	400
- Limpias	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Fertilización	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Dobla de maíz	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Cosecha	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total Costos	8,553	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120
C. Actualizado	8,553	4,696.80	5,273.60	5,850.40	6,427.20	7,004	7,580.80	8,157.60	8,734.40	9,311.20
Ingresos										
39.15 qq $\bar{x}$	4,893.75	4,893.75	4,893.75	4,893.75	4,893.75	4,893.75	4,893.75	4,893.75	4,893.75	4,893.75
I. Actualizado	4,893.75	5,578.87	6,264	6,949.12	7,634.25	8,319.37	9,004.50	9,689.62	10,374.75	11,059.87
Utilidad	-3,659.25	882.08	990.40	1,098.72	1,207.05	1,315.37	1,423.70	1,532	1,640.35	1,748.67
Relación B/C	0.57	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19

Fuente: Elaboración propia.

13. Costo de producción en Quetzales para 1ha de maíz, con 2 gramos de Hidrogel con la forma de aplicación B en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Costos	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Arrendamiento	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Insumos										
- Semilla	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
- Fertilizantes	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
- Pesticidas	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
- Hidrogel	8,666									
Mano de Obra										
- Preparación de terreno	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
- Siembra	500	400	400	400	400	400	400	400	400	400
- Limpias	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Fertilización	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Dobla de maíz	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Cosecha	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total Costos	12,886	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120
C. Actualizado	12,886	4,696.80	5,273.60	5,850.40	6,427.20	7,004	7,580.80	8,157.60	8,734.40	9,311.20
Ingresos										
40.55 qq $\bar{x}$	5,068.75	5,068.75	5,068.75	5,068.75	5,068.75	5,068.75	5,068.75	5,068.75	5,068.75	5,068.75
I. Actualizado	5,068.75	5,778.37	6,488	7,197.62	7,907.25	8,616.87	9,326.50	10,036.12	10,745.75	11,455.37
Utilidad	-7,817.25	1,081.57	1,214.4	1,347.22	1,480.05	1,612.87	1,745.70	1,878.52	2,011.35	2,144.17
Relación B/C	0.39	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23

Fuente: Elaboración propia.

14. Costo de producción en Quetzales para 1ha de maíz, con 3 gramos de Hidrogel con la forma de aplicación B en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Costos	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Arrendamiento	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Insumos										
- Semilla	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
- Fertilizantes	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
- Pesticidas	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
- Hidrogel	13,000									
Mano de Obra										
- Preparación de terreno	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
- Siembra	500	400	400	400	400	400	400	400	400	400
- Limpias	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Fertilización	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Dobla de maíz	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Cosecha	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total Costos	17,220	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120
C. Actualizado	17,220	4,696.80	5,273.60	5,850.40	6,427.20	7,004	7,580.80	8,157.60	8,734.40	9,311.20
Ingresos										
31.39 qq $\bar{x}$	3,923.75	3,923.75	3,923.75	3,923.75	3,923.75	3,923.75	3,923.75	3,923.75	3,923.75	3,923.75
I. Actualizado	3,923.75	4,473.07	5,022.40	5,571.72	6,121.05	6,670.37	7,219.70	7,769.02	8,318.35	8,867.67
Utilidad	-13,296.25	-223.72	-251.20	-278.67	-306.15	-333.62	-361.10	-388.57	-416.05	-443.52
Relación B/C	0.23	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95

Fuente: Elaboración propia.

15. Costo de producción en Quetzales para 1ha de maíz, con 1 gramos de Hidrogel con la forma de aplicación C en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Costos	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Arrendamiento	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Insumos										
- Semilla	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
- Fertilizantes	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
- Pesticidas	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
- Hidrogel	4,333									
Mano de Obra										
- Preparación de terreno	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
- Siembra	500	400	400	400	400	400	400	400	400	400
- Limpias	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Fertilización	350	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Dobla de maíz	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Cosecha	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total Costos	8,653	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120
C. Actualizado	8,653	4,696.80	5,273.60	5,850.40	6,427.20	7,004	7,580.80	8,157.60	8,734.40	9,311.20
Ingresos										
35.88 qq $\bar{x}$	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485
I. Actualizado	4,485	5,112.90	5,740.80	6,368.70	6,996.60	7,624.50	8,252.40	8,880.30	9,508.20	10,136.10
Utilidad	-4,168	416.10	467.20	518.30	569.40	620.50	671.60	722.70	773.80	824.90
Relación B/C	0.52	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09

Fuente: Elaboración propia.

16. Costo de producción en Quetzales para 1ha de maíz, con 2 gramos de Hidrogel con la forma de aplicación C en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Costos	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Arrendamiento	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Insumos										
- Semilla	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
- Fertilizantes	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
- Pesticidas	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
- Hidrogel	8,666									
Mano de Obra										
- Preparación de terreno	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
- Siembra	500	400	400	400	400	400	400	400	400	400
- Limpias	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Fertilización	350	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Dobla de maíz	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Cosecha	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total Costos	12,986	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120
C. Actualizado	12,986	4,696.80	5,273.60	5,850.40	6,427.20	7,004	7,580.80	8,157.60	8,734.40	9,311.20
Ingresos										
35.88 qq $\bar{x}$	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485
I. Actualizado	4,485	5,112.90	5,740.80	6,368.70	6,996.60	7,624.50	8,252.40	8,880.30	9,508.20	10,136.10
Utilidad	-8,501	416.10	467.20	518.30	569.40	620.50	671.60	722.70	773.80	824.90
Relación B/C	0.34	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09

Fuente: Elaboración propia.

17. Costo de producción en Quetzales para 1hz de maíz, con 3 gramos de Hidrogel con la forma de aplicación C en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Costos	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Arrendamiento	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Insumos										
- Semilla	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
- Fertilizantes	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
- Pesticidas	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
- Hidrogel	13,000									
Mano de Obra										
- Preparación de terreno	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
- Siembra	500	400	400	400	400	400	400	400	400	400
- Limpias	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Fertilización	350	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Dobla de maíz	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Cosecha	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total Costos	17,320	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120	4,120
C. Actualizado	17,320	4,696.80	5,273.60	5,850.40	6,427.20	7,004	7,580.80	8,157.60	8,734.40	9,311.20
Ingresos										
31.12 qq $\bar{x}$	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890
I. Actualizado	3,890	4,434.60	4,979.20	5,523.80	6,068.40	6,613	7,157.60	7,702.20	8,246.80	8,791.40
Utilidad	-13,430	-262.20	-294.40	-326.60	-358.80	-391	-423.20	-455.40	-487.60	-519.80
Relación B/C	0.22	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94

Fuente: Elaboración propia.

18. Costo de producción en Quetzales para 1ha de maíz, tratamiento sin Hidrogel en aldea Tatutú, Jocotán, 2015.

Costos	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Arrendamiento	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Insumos										
- Semilla	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
- Fertilizantes	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
- Pesticidas	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Mano de Obra										
- Preparación de terreno	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
- Siembra	300	400	400	400	400	400	400	400	400	400
- Limpias	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Fertilización	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Dobla de maíz	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
- Cosecha	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total Costos	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020
C. Actualizado	4,020	4,582.80	5,145.60	5,708.40	6,271.20	6,834	7,396.80	7,959.60	8,522.40	9,085.20
Ingresos										
35.47 qq $\bar{x}$	4,433.75	4,433.75	4,433.75	4,433.75	4,433.75	4,433.75	4,433.75	4,433.75	4,433.75	4,433.75
I. Actualizado	4,433.75	5,054.47	5,675.20	6,295.92	6,916.65	7,537.37	8,158.10	8,778.82	9,399.55	10,020.27
Utilidad	413.75	471.67	529.60	587.52	645.45	703.37	761.30	819.22	877.15	935.07
Relación B/C	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10

Fuente: Elaboración propia.